

**Επιδράσεις Καλλιεργητικών
Τεχνικών στην Ποιότητα
των Νερών της Επιφανειακής
Απορροής και Φερτών Υλικών
(Υδρολογική Λεκάνη
Λίμνης Κορώνειας)**

Σ.Ε.Τσιούρης, Κυριακή Α. Καλμπουρτζή και Δ. Αληφραγκής

Το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) ιδρύθηκε το 1991 ύστερα από πρόταση του ΥΠΕΧΩΔΕ προς την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με βάση το συμβόλαιο αριθμός B91/91/SIN/8192 μεταξύ της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Γεν. Διεύθυνση XI) και του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας.

Η παρούσα εργασία έγινε με συγχρηματοδότηση του Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων-Υγροτόπων και των Τμημάτων Γεωπονίας και Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η πλήρης αναφορά στην εργασία αυτή έχει ως εξής:

Τσιούρης, Σ. Ε., Κυριακή Λ. Καμπουρτζή και Δ. Αληφαγκής. 1993. Επιδράσεις καλλιεργητικών τεχνικών στην ποιότητα των νερών της επιφανειακής απορροής και φερτών υλικών (υδρολογική λεκάνη Λίμνης Κορώνειας). Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ). 48 σελ.

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΩΝ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΦΕΡΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ (ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΛΙΜΝΗΣ ΚΟΡΩΝΕΙΑΣ)¹

Σ. Ε. Τσιουήρης², Κυριακή Α. Καλμπουρτζή² και Δ. Αληφραγκής³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μη σημειακή ρύπανση των υδροτόπων που οφείλεται στην εισροή γεωργικών χημικών ουσιών και φερτών υλικών από τα αγροοικοσυστήματα θεωρείται σοβαρή απειλή για τη διατήρηση των υδροτοπικών οικοσυστημάτων. Η εισροή των ρύπων αυτών αυξάνεται όταν οι καλλιεργητικές τεχνικές (π.χ. όργωμα, χημική λίπανση, διαχείριση υπολειμμάτων συγκομιδής) εκτελούνται ασύνετα.

Οι καλλιεργητικές τεχνικές στα αγροοικοσυστήματα που γειτνιάζουν με υδροτόπους, ακόμη και όταν αυτοί είναι διεθνούς σημασίας, εφαρμόζονται χωρίς να παίρνονται υπόψη οι πιθανές αρνητικές συνέπειες στις υδροτοπικές αξίες. Η υιοθέτηση βελτιωμένων τεχνικών, που πρέπει να βασίζεται σε αποτελέσματα πειραμάτων αγρού, συμβάλλει στη διατήρηση τόσο των αγροτικών όσο και των γειτονικών υδροτοπικών οικοσυστημάτων.

Με πείραμα που έγινε σε αγρό της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Κορώνειας το 1991-1992, μελετήθηκε η επίδραση των καλλιεργητικών τεχνικών (κατεργασία εδάφους, κάψιμο φυτικών υπολειμμάτων, προσθήκη αζωτούχου λιπάσματος) στην ποιότητα των νερών επιφανειακής απορροής, στην ποιότητα και ποσότητα των φερτών υλικών και στις αποδόσεις σιταριού που καλλιεργήθηκε.

Όσον αφορά στην ποιότητα των νερών επιφανειακής απορροής (άρδευση ή βροχή) οι συγκεντρώσεις των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν κυμαίνονταν για τα NO_3 από 0,05 έως 14,08 mg/L, για τα NO_2 από 4 έως 1993 mg/L, για τα $\text{NH}_4\text{-N}$ από 1,66 έως 11,40 mg/L, για το P από 0,10 έως 0,96 mg/L, για το Cl^- από 6 έως 88 mg/L, για το K^+ από 5 έως 92 mg/L, για το Mg^{2+} από 1,5 έως 13,0 mg/L, για το Ca^{2+} από 13 έως 145 mg/L, για το Na^+ από 1 έως 110 mg/L. Το pH κυμαινόταν από 6,3 έως 8,1.

Σχετικά με την ποιότητα των φερτών υλικών οι συγκεντρώσεις των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν κυμαίνονταν για τον εκχυλίσιμο P από 0,5 έως 7,1 mg/100g εδάφους, για το οργανικό N από 0,11 έως 0,62%, για το K^+ από 0,30 έως 1,17 meq/100g εδάφους, για το Na^+ από 0,22 έως 1,02 meq/100g εδάφους, για το Mg^{2+} από 0,37 έως 1,94 meq/100g εδάφους, για το Ca^{2+} από 8,5 έως 19,0 meq/100g εδάφους. Το pH κυμαινόταν από 6,6 έως 7,6.

Τέλος, όσον αφορά τις καλλιεργητικές τεχνικές, το όργωμα συνέτεινε στη μεταφορά περισσότερων φερτών υλικών από τα νερά επιφανειακής απορροής ενώ δεν επηρέασε τις αποδόσεις του σιταριού. Το κάψιμο της καλαμιάς δεν επηρέασε τη μεταφορά φερτών υλικών, αλλά αύξησε τις αποδόσεις του σιταριού. Η προσθήκη αζώτου συνέτεινε στην αύξηση των αποδόσεων του σιταριού.

-
1. Η εργασία αυτή χρηματοδοτήθηκε μερικώς από το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υδροτόπων, 14ο χλμ. Θεσσαλονίκης-Μηχανιώνας, 57001 Θέρμη.
 2. Επίκουρος καθηγητής Προστασίας Περιβάλλοντος και επίκουρος καθηγήτρια Οικολογίας, αντίστοιχα. Τμήμα Γεωπονίας ΑΠΘ, 54006 Θεσσαλονίκη.
 3. Λέκτορας Δασικής Εδαφολογίας. Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, 54006 Θεσσαλονίκη.

**Effects of Agricultural Practices on
the Quality of Surface Runoff Water
and Transported Soil Sediments in
the Watershed of Lake Koronia,
Greece**

S.E. Tsiouris, Kyriaki L. Kalburtji, and D. Alifragis



The Greek Biotope/Wetland Centre has been established in 1991, following a proposal to CEC by the Greek Ministry of Environment, Physical Planning and Public Works, under CEC Contract Number B91/91/SIN/8192 between the Commission of European Communities (DG XI) and the Goulandris Natural History Museum.

The present work was co-funded by the Greek Biotope/Wetland Centre and the Faculties of Agriculture and Forestry and Natural Environment, of Aristotle University of Thessaloniki.

This document may be cited as follows:

Tsiouris, S. E., Kyriaki L. Kalbourtji, and D. Alifragis. 1993. Effects of agricultural practices on the quality of surface runoff water and transported soil sediments in the watershed of Lake Koronia, Greece. Greek Biotope/Wetland Centre. 48 pp. (Gr, English)

EFFECTS OF AGRICULTURAL PRACTICES ON THE QUALITY OF SURFACE RUNOFF WATER AND TRANSPORTED SOIL SEDIMENTS IN THE WATERSHED OF LAKE KORONIA, GREECE¹

S. E. Tsiouris², Kyriaki L. Kalburtji², and D. Alifragis³

ABSTRACT

Non-point pollution of wetlands due to the inflow of agrochemicals and soil sediments is considered a major threat to the preservation of wetland ecosystems. The inflow of pollutants is expected to increase markedly when agricultural practices, such as plowing, fertiliser application, and crop residue management, are unwisely carried out in the watershed of wetlands.

Agricultural practices in the cultivated sections of the watersheds of Greek wetlands, even in those closely neighbouring Ramsar sites, are conducted without any regard to potential negative consequences on wetland preservation. The adoption of improved practices, through field experimentation and training, will contribute to the conservation of both agricultural and wetland ecosystems.

A field experiment was conducted at the watershed of Lake Koronia (a Ramsar site) in 1991-1992 to study the effect of cultivation practices on the quality of surface runoff water and transported soil sediments, as well as on wheat yields. The treatments were a combination of plowing and no plowing, of straw burning and no straw burning, and of nitrogen application at 4 levels (0, 50, 100 and 150 kg N/ha). Three replications were used. The surface runoff water resulted from rain or from sprinkler irrigation.

It was found that the concentration of soluble ions in the runoff water ranged for NO₃ from 0.05 to 14.08 mg/L, for NO₂ from 4 to 1993 mg/L, for NH₄-N from 1.66 to 11.40 mg/L, for P from 0.1 to 0.96 mg/L, for Cl⁻ from 6 to 88 mg/L, for K⁺ from 5 to 92 mg/L, for Mg²⁺ from 1.5 to 13.0 mg/L, for Ca²⁺ from 13 to 145 mg/L, for Na⁺ from 1 to 110 mg/L. The pH ranged from 6.3 to 8.1.

The concentration of the various chemical compounds in the transported soil sediments ranged for extractable P from 0.5 to 7.1 mg/100 g of soil, for organic N from 0.11 to 0.62%, for K⁺ from 0.30 to 1.17 meq/100 g of soil, for Na⁺ from 0.22 to 1.02 meq/100 g of soil, for Mg²⁺ from 0.37 to 1.94 meq/100 g of soil, for Ca²⁺ from 8.5 to 19.0 meq/100 g of soil. The pH ranged from 6.6 to 7.6.

Plowing caused a considerable transport of soil sediments but did not influence wheat yields. Straw burning did not cause any soil sediment removal and increased wheat yields. The application of N fertilizer increased wheat yields.

-
1. This study was supported by the Greek Biotope/Wetland Centre, 14th km Thessaloniki - Mihaniona, GR-57001, Themi, Greece.
 2. Assistant Professors of Environmental Protection and Ecology, respectively. Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki, GR-54006, Greece.
 3. Lecturer of Forest Soils. Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, GR-54006, Greece.

ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τσιούρης Σ. Ε., Επίκουρος Καθηγητής, Εργαστήριο Γεωργικής Χημείας, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ (Επιστημονικός υπεύθυνος)

Καλμπουρτζή Κυριακή, Επίκουρος Καθηγήτρια, Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωπονίας, ΑΠΘ

Αληφραγκής Δ., Λέκτορας, Εργαστήριο Δασικής Εδαφολογίας, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ

Σε διάφορα στάδια της μελέτης αυτής βοήθησαν οι φοιτητές Γεωπονίας: Γεώργιος Βλαχάκης, Στέλλα Καραπατάκη, Ζωή Καρατζίδου, Ζαχαρίας Κουγιουμτζής και Παρασκευή Περδικούρη.

PROJECT TEAM

Tsiouris S. E., Assistant Professor, Laboratory of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki (Project leader)

Kalbourtji Kyriaki, Assistant Professor, Laboratory of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Agriculture, Aristotle University of Thessaloniki

Alifragis D., Lecturer, Laboratory of Forest Soil Science, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki

The following students of Agriculture have assisted in this project: George Vlahakis, Stella Karapataki, Zoe Karatzidou, Zaharias Kougioumtzis, and Paraskevi Perdikouri.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδα
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	4
3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	9
3.1. Η περιοχή στην οποία έγινε η μελέτη	9
3.2. Πείραμα αγρού	9
3.3. Μέθοδοι ανάλυσης εδαφών και φερτών υλικών	19
3.3.1. Προσδιορισμός pH	19
3.3.2. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας	20
3.3.3. Προσδιορισμός CaCO_3	20
3.3.4. Προσδιορισμός κοκκομετρικής συστάσεως	20
3.3.5. Προσδιορισμός ολικού αζώτου	20
3.3.6. Προσδιορισμός φωσφόρου	20
3.3.7. Προσδιορισμός ανταλλάξιμων κατιόντων (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})	21
3.4. Μέθοδοι ανάλυσης νερών	21
3.4.1. Προσδιορισμός pH	21
3.4.2. Προσδιορισμός $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$	21
3.4.3. Προσδιορισμός νιτρωδών	21
3.4.4. Προσδιορισμός φωσφόρου	22
3.4.5. Προσδιορισμός χλωριούχων	22
3.4.6. Προσδιορισμός κατιόντων (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+})	22
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	23
4.1. Ποιότητα νερών επιφανειακής απορροής	23
4.2. Ποιότητα φερτών υλικών	35
4.3. Επίδραση των καλλιεργητικών τεχνικών στις αποδόσεις σιταριού	36
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	43
ΓΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	

CONTENTS

	Page
ACKNOWLEDGEMENTS	
1. INTRODUCTION	1
2. REVIEW OF THE LITERATURE	4
3. MATERIALS AND METHODS	9
3.1. Studied area	9
3.2. Field experiment	9
3.3. Methods of soil and transported soil sediments analysis	19
3.3.1. pH determination	19
3.3.2. Organic matter determination	20
3.3.3. CaCO ₃ determination	20
3.3.4. Granulometric analysis	20
3.3.5. Total nitrogen determination	20
3.3.6. Phosphorus determination	20
3.3.7. Exchangeable cations (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺) determination	21
3.4. Methods of water analysis	21
3.4.1. pH determination	21
3.4.2. NH ₄ -N and NO ₃ -N determination	21
3.4.3. Nitrites determination	21
3.4.4. Phosphorus determination	22
3.4.5. Chlorides determination	22
3.4.6. Cations (Na ⁺ , K ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺) determination	22
4. RESULTS AND DISCUSSION	23
4.1. Quality of surface runoff water	23
4.2. Quality of transported soil sediments	35
4.3. Effects of cultivation practices on wheat yields	36
5. REFERENCES	43

GENERAL EVALUATION OF THE PROJECT

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ομάδα απευθύνει θερμές ευχαριστίες για την υλική και ηθική βοήθεια που προσέφεραν προς το πρόγραμμα αυτό, το τεχνικό προσωπικό του εργαστηρίου Γεωργικής Χημείας του Τμήματος Γεωπονίας και του εργαστηρίου Δασικής Εδαφολογίας του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, τον αναπληρωτή καθηγητή Δ. Βερεσόγλου, το Ινστιτούτο Σιτηρών, τον αγρότη της περιοχής Μυγδονίας Ιωάννη Κιρτσιώτη και τον αγρότη-γεωπόνο Παύλο Μπαλή, τους παρασκευαστές Κωνσταντίνο Αθανασιάδη και Βασιλική Σουλτατοπούλου και τον φυτοκόμο Παναγιώτη Σκεντερίδη.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα σιτηρά είναι συνήθως η κύρια καλλιέργεια στις γεωργικές περιοχές των λεκανών απορροής των ελληνικών υδροτόπων. Οι αγρότες προσπαθούν να πάρουν όσο το δυνατόν υψηλότερες αποδόσεις. Προς τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούν γεωργικές τεχνικές και χημικές ουσίες που πιστεύεται ότι έχουν συχνά δυσμενείς συνέπειες για το περιβάλλον (π.χ. ρύπανση επιφανειακών και υπόγειων νερών, εδάφους, ατμόσφαιρας). Η έρευνα στην Ελλάδα της ρύπανσης των υδροτόπων από γεωργικές χημικές ουσίες μόλις πρόσφατα έχει αρχίσει να αναπτύσσεται. Η πρώτη ουσιαστική προσπάθεια για να μελετηθεί το θέμα αυτό σε πραγματικές συνθήκες αγρού στη χώρα μας έγινε από μία ομάδα 6 επιστημόνων, που ανήκουν στο προσωπικό του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με ένα πρόγραμμα, που διήρκεσε 2 έτη και χρηματοδοτήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (Βερεσόγλου κ.α. 1992). Το παρόν έργο μπορεί να θεωρηθεί ως η συνέχεια του προηγούμενου προγράμματος, διότι:

- α. Δύο από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας οι Σ.Ε. Τσιούρης και Κυριακή Καλμπουρτζή μετείχαν και στο προηγούμενο ερευνητικό πρόγραμμα.
- β. Η περιοχή που επιλέχτηκε για την υλοποίηση αυτού του ερευνητικού έργου ανήκει στη γεωργική περιοχή της λίμνης Κορώνειας, η οποία απετέλεσε αντικείμενο μελέτης και του προηγούμενου προγράμματος.

Οι ελληνικοί υδροτόποι έχουν αξία πολιτιστική, βιολογική και οικονομική. Ένδεκα από αυτούς ανήκουν στον Κατάλογο Υδροτόπων Διεθνούς Σημασίας σύμφωνα με τη Σύμβαση Ραμσάρ. Ως πριν από 40 έτη οι έλληνες αγρότες χρησιμοποιούσαν ελάχιστες γεωργικές χημικές ουσίες, νερό αρδεύσεως και μηχανήματα. Από τις αρχές της δεκαετίας του 1960 η γεωργία άρχισε να γίνε-

ται όλο και πιο εντατική με τη βοήθεια της σύγχρονης τεχνολογίας. Άρα από εκείνη τη χρονική περίοδο άρχισαν οι ελληνικοί υγρότοποι να απειλούνται με υποβάθμιση ή καταστροφή από τις καλούμενες μη σημειακές πηγές ρύπανσης (αγροί, βοσκότοποι κ.λπ.). Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχουν και οι σημειακές πηγές ρύπανσης (π.χ. βυρσοδεψεία, κονσερβοποιεία, ορυχεία, κτηνοτροφεία) που εντοπίζονται και μελετώνται σχετικά εύκολα, ενώ αντίθετα, οι μη σημειακές πηγές παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες. Αυτές προκύπτουν από τις εδαφοκλιματικές και καλλιεργητικές ιδιαιτερότητες κάθε τόπου και από τις δυσχέρειες παρακολούθησης των ρύπων στο περιβάλλον. Σήμερα πιστεύεται γενικά ότι μια από τις μεγαλύτερες απειλές για τους υγροτόπους της Ελλάδας είναι η μη σημειακή ρύπανση από τις γεωργικές δραστηριότητες στα αγροοικοσυστήματα που γειτονεύουν με αυτούς. Οι υγρότοποι απειλούνται τόσο άμεσα (π.χ. εκπλύματα των ψεκαστήρων στον υγρότοπο) όσο και έμμεσα (π.χ. μεταφορά ρύπων στον υγρότοπο με την επιφανειακή απορροή, τη βαθιά διήθηση και με αιολική απόθεση). Οι από τη γεωργία προερχόμενες απειλές αναφέρονται όλο και συχνότερα στην ελληνική βιβλιογραφία περί υγροτόπων. Η Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (Οδηγία 92/43/ΕΟΚ και Κανονισμός 2078/92) υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να παίρνουν μέτρα. Από την άλλη μεριά χρειάζονται ερευνητικά δεδομένα από την ελληνική πραγματικότητα που να τεκμηριώνουν τα συγκεκριμένα μέτρα που πρέπει να ληφθούν.

Γενικός σκοπός του παρόντος έργου ήταν να ερευνήσει την αποτελεσματικότητα διαφόρων τεχνικών καλλιέργειας ως προς την προστασία που μπορούν να προσφέρουν σε υγροτόπους απειλούμενους από γεωργικές δραστηριότητες. Ειδικοί σκοποί ήταν (α) να ερευνηθούν η ποσότητα και ο χρόνος εφαρμογής του λιπάσματος σε σχέση με την ποιότητα των νερών επιφανειακής

απορροής και τις στρεμματικές αποδόσεις και (β) η επίδραση του χειρισμού των φυτικών υπολειμμάτων και του βαθμού κατεργασίας του εδάφους τόσο στην ποιότητα των νερών επιφανειακής απορροής όσο και στις στρεμματικές αποδόσεις.

2. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Οι χρήσεις γης μιας λεκάνης απορροής επηρεάζουν την ποιότητα των νερών των χαμηλότερων περιοχών της. Τα τελευταία έτη υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη ρύπανση του περιβάλλοντος που προέρχεται από τις διάφορες γεωργικές δραστηριότητες, οι οποίες συμβάλλουν στην αύξηση της ρύπανσης από μη σημειακές πηγές (Byron και Goldman 1989).

Οι διάφορες καλλιεργητικές τεχνικές (Hirose και Kuramoto 1981, Sharpley και Smith 1989, Blevins κ.α. 1990, Gross κ.α. 1990, Edwards και Burney 1991) που εφαρμόζονται στα αγροοικοσυστήματα (Bormann κ.α. 1968, Thomas και Crutchfield 1974, Menzel κ.α. 1978, Weil κ.α. 1990, McIsaac κ.α. 1991) συνεπάγονται τη μεταφορά και ανακατανομή των χημικών ουσιών στο περιβάλλον. Αυτό έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον γενικά (Caporali κ.α. 1981, Green 1989) και ιδιαίτερα σε γειτνιάζοντες υδροτόπους (Peverly 1982).

Χημικές ουσίες εισέρχονται στον αγρό με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (Canter 1986, Emmerich 1990), το νερό της άρδευσης, τα υπολείμματα των καλλιεργειών, τα γεωργικά φάρμακα και τα λιπάσματα. Εξέρχονται με τα συγκομιζόμενα προϊόντα, το νερό βαθιάς διήθησης (Owens 1990, Kladienko κ.α. 1991, Izuno κ.α. 1991), με τη μορφή αερίων στην ατμόσφαιρα (Eichner 1990) και με το νερό της επιφανειακής απορροής (Thomas κ.α. 1992, Marsh και Groenevelt 1992, Sharpley κ.α. 1992).

Το εξερχόμενο με τη βαθιά διήθηση N είναι περισσότερο στα εδάφη που έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση οργανικής ουσίας (NG Kee Kwong και Deville 1984). Ο P εξέρχεται από τα αγροοικοσυστήματα με το νερό της επιφανειακής απορροής είτε ως διαλυτός είτε δεσμευμένος στα σωματίδια του εδάφους (Singer

και Rust 1975, McDowell κ.α. 1989, Korentajer κ.α. 1991). Ο εξερχόμενος από τον αγρό P με τα μεταφερόμενα σωματίδια αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό (>95%) των ετησίων απωλειών P (Johnson κ.α. 1976, Nicholaichuk και Read 1978, Wendt και Corey 1980, Sharpley και Smith 1989, Vighi κ.α. 1991).

Οι ποσότητες N και P που εξέρχονται με το συγκομιζόμενο γεωργικό προϊόν είναι οι πιο μεγάλες, ενώ τα άλλα στοιχεία απαντώνται σε μεγαλύτερες ποσότητες στα νερά της απορροής. Υπάρχει ένα πλεόνασμα εισερχομένων ποσοτήτων P και K στον αγρό σε σύγκριση με τις εξερχόμενες ποσότητες. Το αντίστροφο συμβαίνει με τα στοιχεία Cl, S, Ca, Mg και Na (Bellot και Golley 1989). Το νερό άρδευσης σε ορισμένες περιπτώσεις προμηθεύει στα εδάφη μεγάλες ποσότητες ιόντων κυρίως Cl^- , S^{-2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ ενώ η κύρια πηγή εισόδου για τα στοιχεία N, P και K είναι τα λιπάσματα.

Η ετήσια ποσότητα ιόντων Cl^- , NO_3^- , SO_4^{-2} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ και K^+ που εξέρχονται από τα αγροοικοσυστήματα με το νερό είναι πολύ περισσότερη από αυτή που εισέρχεται με τη βροχή και το νερό της άρδευσης (NG Kee Kwong και Deville 1984, Bellot και Golley 1989).

Το νερό της επιφανειακής απορροής βρέθηκε ότι περιέχει διάφορες ποσότητες N και P που θεωρείται ότι προέρχεται από τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα (π.χ. Römken κ.α. 1973, Owens κ.α. 1984). Ο λόγος εισερχομένου προς εξερχόμενο άζωτο είναι στα μεν δασικά οικοσυστήματα μεγαλύτερος του 5:1 ενώ στα γεωργικά είναι μικρότερος του 2:1. Για το P ο αντίστοιχος λόγος είναι ο ίδιος και για τα δύο οικοσυστήματα, αλλά ο ρυθμός συσσώρευσης του φωσφόρου στα αγροοικοσυστήματα είναι πολύ μεγαλύτερος από ό,τι στα δασικά. Στη Louisiana οι Dunigan κ.α. (1976) βρήκαν ότι σε καμιά περίπτωση η απώλεια με τα νερά επιφανειακής απορροής κάποιου στοιχείου από τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα δεν ξεπερνούσε το 1% του ολι-

κού εφαρμοζόμενου στοιχείου.

Στα αγροοικοσυστήματα συχνά χρησιμοποιείται το επιτόπου κάψιμο των υπέργειων φυτικών υπολειμμάτων της προηγούμενης φυτείας για να διευκολυνθεί η ετοιμασία της σποροκλίνης για την επόμενη φυτεία. Σε ξηρές και θερμές περιοχές και σε περιπτώσεις στις οποίες τα εδάφη έχουν μεγάλες κλίσεις, είναι αβαθή και εκτεθειμένα σε ξηρούς ανέμους, το κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων θα πρέπει να αποφεύγεται επειδή αυξάνει τον κίνδυνο επιφανειακής διαβρώσεως, και πυρκαγιών σε παρακείμενη φυσική βλάστηση. Εντούτοις, οι γεωργοί πάντα ζητούν αποδείξεις για τη ζημιογόνο επίδραση του καψίματος επί των ιδιοτήτων του εδάφους και επί των φυτειών που εγκαθίστανται μετά το κάψιμο. Επικρατεί η άποψη στους γεωγρούς ότι με το κάψιμο διευκολύνονται οι καλλιεργητικές εργασίες και καίγονται σπόροι ζιζανίων. Πολλοί πιστεύουν ειδικά για τα υπολείμματα του σιταριού ότι καίγοντάς τα ωφελούνται σίγουρα. Ο Dawley και οι συνεργάτες του (1964) στον Δυτικό Καναδά, μελέτησαν την επίδραση του καψίματος στις αποδόσεις των καλλιεργειών που ακολουθούν. Σε τρεις περιοχές βρήκαν ότι το κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων επί 5 έτη οδήγησε σε υψηλότερες αποδόσεις από την ενσωμάτωσή τους, ενώ αντίστροφο αποτέλεσμα είχε σε άλλες δύο περιοχές που μελέτησαν. Οι Gliemeth και Niklas (1976) βρήκαν ότι καίγοντας το άχυρο πήραν υψηλότερες αποδόσεις σιταριού από ό,τι όταν το ενσωμάτωσαν στο έδαφος. Ο Dormaa και οι συνεργάτες του (1979) αναφερόμενοι σε πειράματα 20 ετών στον Καναδά δεν βρήκαν σημαντικές επιδράσεις στις αποδόσεις, παρόλο που η απόδοση ήταν σχετικά μεγαλύτερη όταν δεν έκαιγαν το άχυρο. Οι ερευνητές αυτοί μελέτησαν κυρίως την επίδραση της φωτιάς στα εδαφικά γνωρίσματα (βιολογικά, χημικά, φυσικά). Ομοίως ο Mallik και οι συνεργάτες του (1984) μελέτησαν τις αλλαγές που προκλήθηκαν στο επιφανειακό έδαφος από τη φωτιά. Η

Kalburtzi και οι συνεργάτες της (1990), από τριετή έρευνα που έγινε σε αγροτεμάχια κοντά στον υγρότοπο του Αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης βρήκαν ότι το κάψιμο αχύρου σιταριού κατά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο (1983-1984) μείωσε τις αποδόσεις του σιταριού που ακολούθησε, ενώ κατά τις δύο επόμενες καλλιεργητικές περιόδους οι αποδόσεις σιταριού δεν επηρεάστηκαν από το κάψιμο του αχύρου.

Οι μεταβολές που προκαλεί η φωτιά στο αγροοικοσύστημα, και ιδιαίτερα στο έδαφος, εξαρτώνται από το είδος, την κατάσταση και την ποσότητα της καύσιμης ύλης, καθώς και από την ένταση της φωτιάς. Η ένταση της φωτιάς εξαρτάται και από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Η φωτιά επηρεάζει τη θερμοκρασία, την οργανική ουσία, την αντίδραση του εδάφους (pH), τα θρεπτικά στοιχεία, τους μικροοργανισμούς και τα φυσικά γνωρίσματα του εδάφους (Biederbeck κ.α. 1980, Αριανούτσου 1979, Raison και McGarity 1980 a,b, Arianoutsou και Margaris 1981).

Για τις ελληνικές εδαφοκλιματικές συνθήκες δεν υπάρχουν επαρκείς πληροφορίες για τη σχέση γεωργικών τεχνικών (π.χ. λιπάνσεως) και ρυπάνσεως του νερού που απορρέει από το έδαφος. Εντούτοις, σε πολλά ελληνικά εκλαϊκευμένα αλλά και επιστημονικά άρθρα και εκθέσεις, φαίνεται ότι οι συγγραφείς τους θεωρούν δεδομένο ότι οι ελληνικοί υγρότοποι κινδυνεύουν πολύ από τη μη σημειακή ρύπανση, την προερχόμενη από τα καλλιεργούμενα τμήματα της λεκάνης απορροής. Παρόλο που η θεώρηση αυτή δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένη ακόμη και διεθνώς φαίνεται, αν και με επιφυλάξεις ως προς το μέγεθος του κινδύνου, λογική και ικανή να δικαιολογήσει την ανάγκη διεξαγωγής έρευνας, όπως η παρούσα. Πιστεύουμε ότι οι επιστημονικές εικασίες από μόνες τους, χωρίς να συνοδεύονται από λίγα έστω ερευνητικά δεδομένα, δεν πείθουν εύκολα κράτος και αγρότες για να πάρουν μέτρα προστασίας

των υδροτόπων μας από τις γεωργικές δραστηριότητες που συμβαίνουν στη λεκάνη απορροής.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1. Η περιοχή στην οποία έγινε η μελέτη.

Η μελέτη έγινε σε αγρό της λεκάνης απορροής της λίμνης Κορώνειας (ή Λαγκαδά ή Αγίου Βασιλείου) στα διοικητικά όρια της κοινότητας Αγίου Βασιλείου Λαγκαδά (Σχ. 1).

Η λίμνη Κορώνεια θεωρείται σπουδαίο υδροτοπικό οικοσύστημα γι' αυτό και περιέχεται (μαζί με τη γειτονική λίμνη Βόλβη) στον Κατάλογο Υδροτόπων Διεθνούς Σημασίας (σύμφωνα με τη Σύμβαση Ραμσάρ). Η Κορώνεια έχει έκταση 46,2 km² που αντιστοιχεί σε μέση στάθμη +75 m και μέγιστο βάθος 8,5 m. Η δε λίμνη Βόλβη έχει έκταση 68,6 km² που αντιστοιχεί σε μέση στάθμη +37 m και μέγιστο βάθος 23,5 m.

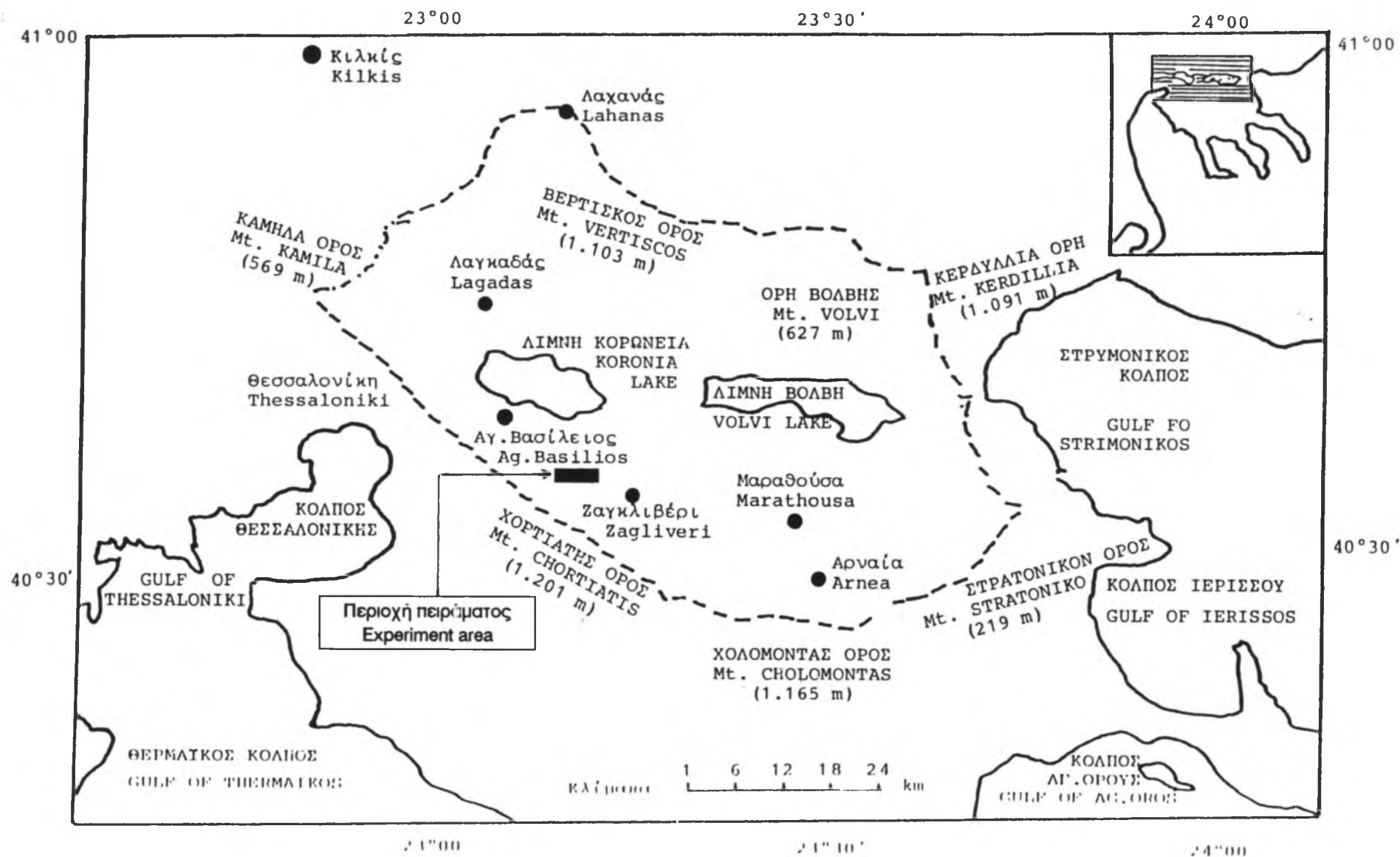
Οι γεωργικές περιοχές γύρω από τις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη (λεκάνη απορροής Μυγδονίας) καλλιεργούνται κατά 75% με σιτηρά, 8% με χορτοδοτικά φυτά, 5% με βιομηχανικά φυτά και σε μικρότερα ποσοστά με λαχανικά, οπωροφόρα και ελαιοδοτικά φυτά.

Στη λεκάνη Μυγδονίας στραγγίζουν χειμάρροι, πολλοί από τους οποίους εκβάλλουν στις λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, ενώ άλλοι δεν φθάνουν επιφανειακά στις λίμνες αλλά το νερό τους χάνεται σε κάποιο σημείο της κοίτης. Πολλοί από τους χειμάρρους αυτούς, εκτός από φυσικά νερά, δέχονται και λύματα εργοστασίων, κτηνοτροφικών εγκαταστάσεων και οικισμών.

3.2. Πείραμα αγρού

Το πείραμα έγινε κατά την περίοδο 1991-92 σε αγρό έκτασης 5 στρεμμάτων, ιδιοκτησίας Η. Μπαλλή, νοτιοανατολικά του οικισμού Αγίου Βασιλείου και σε απόσταση 700 m περίπου νότια της λίμνης Κορώνειας.

Ο πειραματικός αγρός είχε ορθογωνικό σχήμα, με τη μεγάλη πλευρά του παράλληλη με τον άξονα Ανατολής-Δύσης. Είχε



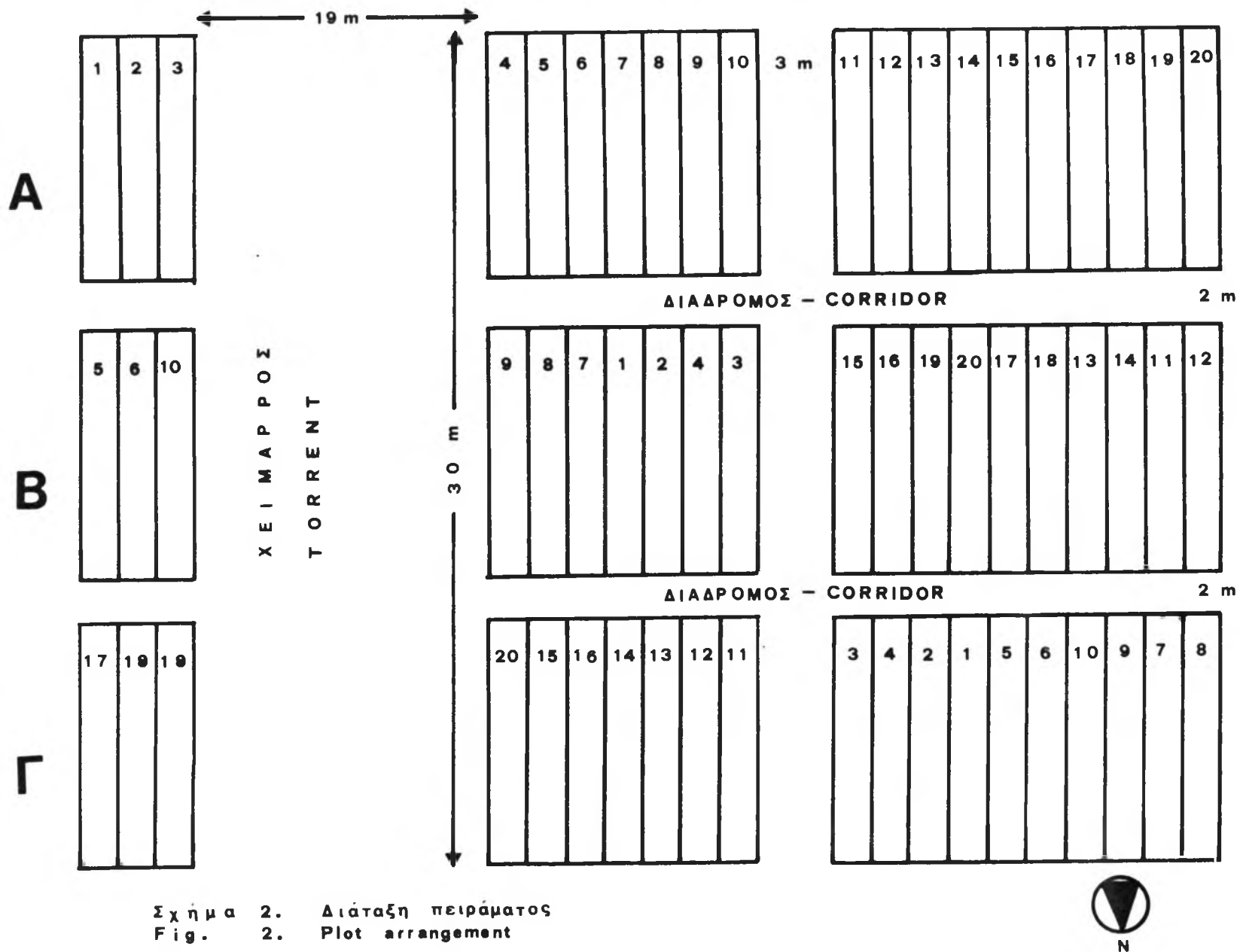
Σχήμα 1. Περιοχή Μαγδόνης
Fig. 1. Migdonia Region

κλίση 25%, παράλληλη με τη μικρή πλευρά του και κατεύθυνση της κλίσης προς τη λίμνη. Γειτόνευε νότια με αμπελώνα, ελαιόδενδρα και δασική έκταση. Βόρεια και δυτικά του πειραματικού αγρού υπήρχαν αγροί μηδικής και ανατολικά αγρός με σιτάρι.

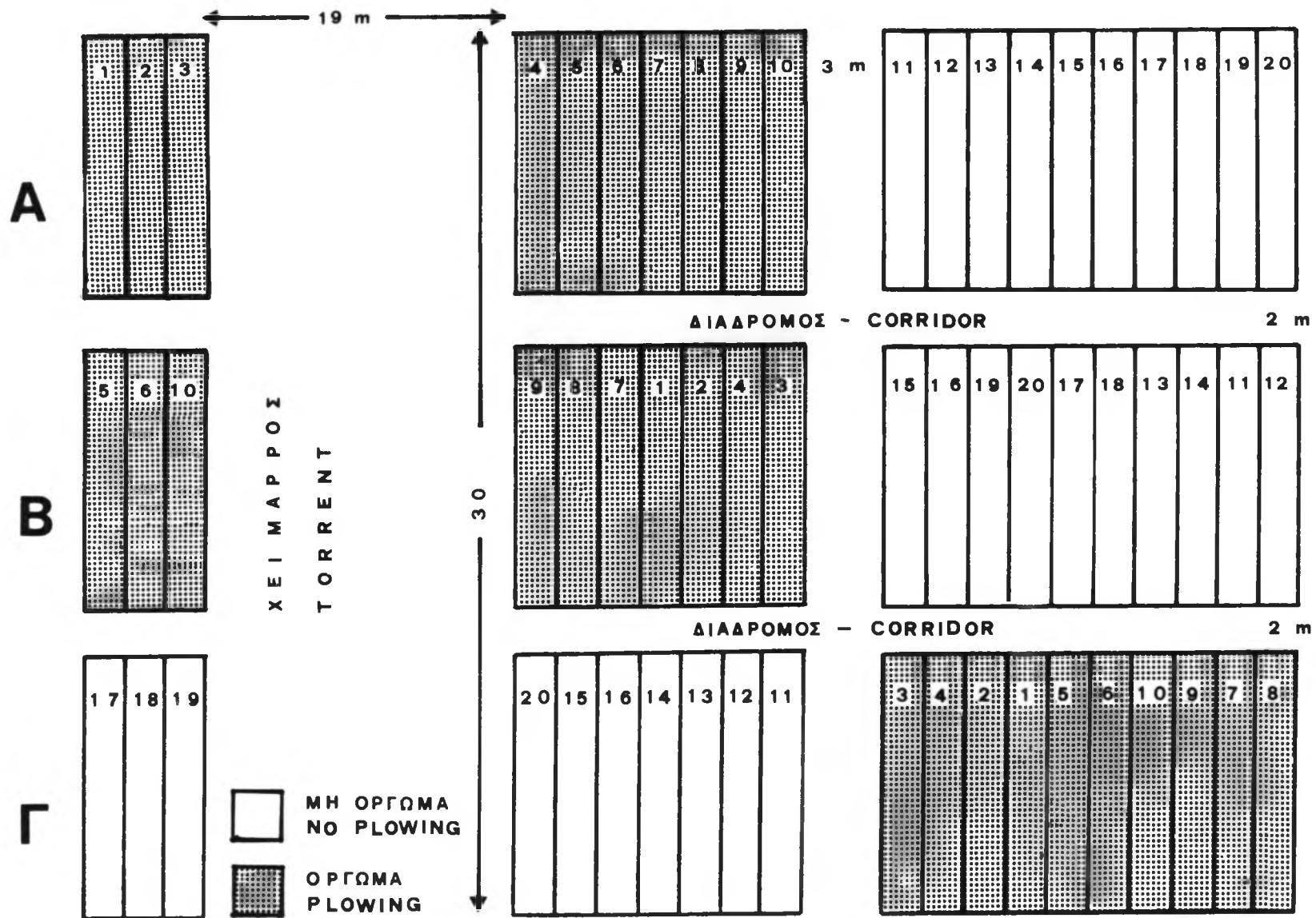
Ο πειραματικός αγρός χωρίστηκε σε τρεις ομάδες (επαναλήψεις) των 20 τεμαχίων η κάθε μία (Σχ. 2). Το κάθε τεμάχιο είχε διαστάσεις 4,4 m X 8 m με τη μεγάλη πλευρά παράλληλη προς την κλίση του εδάφους. Οι τρεις ομάδες χωρίστηκαν με διαδρόμους πλάτους 2 m. Ένα τμήμα του αγρού έμεινε εκτός πειράματος λόγω της δημιουργίας χειμάρρου ο οποίος θα μπορούσε να επηρεάσει το πείραμα με τη διαφορετική επιφανειακή απορροή αφενός και τη διαφορετική σύσταση του εδάφους στο τμήμα αυτό αφετέρου. Το τμήμα αυτό πλάτους 19 m βρισκόταν ανατολικά του πειραματικού αγρού και διεχώριζε τα τρία τελευταία τεμάχια κάθε ομάδας από το υπόλοιπο τμήμα του πειράματος (Σχ. 2). Εκτός από τους διαδρόμους αφέθηκαν και περιθώρια 2 m περίπου περιφερειακά του πειραματικού αγρού.

Στο πείραμα εφαρμόστηκαν δύο τρόποι καλλιέργειας του εδάφους (όργωμα-μη όργωμα) ως κύρια τεμάχια (Σχ. 3) τέσσερα επίπεδα λίπανσης (0, 5, 10, 15 kg N/στρ) ως υποτεμάχια και δύο τρόποι χειρισμού των φυτικών υπολειμμάτων (κάψιμο-μη κάψιμο) ως υπο-υποτεμάχια. Στο επίπεδο αζώτου 15 kg/στρ χρησιμοποιήθηκαν δύο τρόποι εφαρμογής του λιπάσματος, πρώτον τα 2/3 ως βασικό (θειοφωσφορική αμμωνία 20-10-0) και το 1/3 ως επιφανειακό (νιτρική αμμωνία 33,5-0-0) και δεύτερον όλη η ποσότητα ως βασικό (Σχ. 3, υπόμνημα).

Πριν από τη σπορά έγινε δειγματοληψία εδάφους, από έξι τυχαία σημεία και δύο βάθη σε κάθε σημείο (0-20 cm και 20-40 cm). Στα δείγματα του εδάφους προσδιορίστηκαν οι παράμετροι pH, κοκκομετρική σύσταση, ισοδύναμο CaCO_3 , οργανική ουσία, N, εκχυλίσιμος P και εναλλακτικά κατιόντα (K^+ , Na^+ , Mg^{2+} και Ca^{2+}). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.



Σχήμα 2. Διάταξη πειράματος
Fig. 2. Plot arrangement



Σχήμα
Fig.

3. Διάταξη οργώματος πειράματος
3. Plowing arrangement of the experiment

Υπόμνημα Σχήματος 3.

- 1 = N_3K Βασικό
2 = N_3M_K Βασικό
3 = N_3M_K Βασικό+επιφανειακό
4 = N_3K Βασικό+επιφανειακό
5 = N_0K όπου
6 = N_0M_K $N_0, N_1, N_2, N_3, = 0, 5, 10, 15$ μονάδες N
7 = N_2K αντιστοίχως
8 = N_2M_K K = Κάψιμο της καλαμιάς
9 = N_1M_K M_K = Μη κάψιμο της καλαμιάς
10 = N_1K Βασικό = όλες οι μονάδες N κατά τη σπορά
11 = N_2K Βασικό+επιφανειακό = τα 2/3 των μονάδων κατά
12 = N_2M_K σπορά
13 = N_0M_K και το 1/3 επιφανειακά
14 = N_0K την άνοιξη.
15 = N_1M_K
16 = N_1K
17 = N_3K Βασικό+επιφανειακό
18 = N_3M_K Βασικό+επιφανειακό
19 = N_3K Βασικό
20 = N_3M_K Βασικό

Legend of Fig. 3.

- | | |
|---------------|--|
| 1 = N_3K | Single application |
| 2 = N_3M_K | Single application |
| 3 = N_3M_K | Split application |
| 4 = N_3K | Split application |
| 5 = N_0K | |
| 6 = N_0M_K | |
| 7 = N_2K | $N_0, N_1, N_2, N_3, = 0, 5, 10, 15 \text{ kg N/}$ |
| 8 = N_2M_K | $1000 \text{ m}^2, \text{ respectively}$ |
| 9 = N_1M_K | $K = \text{Straw burned}$ |
| 10 = N_1K | $M_K = \text{Straw not burned}$ |
| 11 = N_2K | Fertilizer's single application = The |
| 12 = N_2M_K | total N fertilizer was |
| 13 = N_0M_K | applied at sowing |
| 14 = N_0K | Fertilizer's split application = 2/3 |
| 15 = N_1M_K | of N were applied at |
| 16 = N_1K | sowing and the rest was |
| 17 = N_3K | Split application surface applied at |
| 18 = N_3M_K | Split application tillering. |
| 19 = N_3K | Single application |
| 20 = N_3M_K | Single application |

Πίνακας 1. Γνωρίσματα εδάφους στο οποίο εγκαταστάθηκε το πείραμα αγρού.

Table 1. Soil characteristics of the experimental area.

Κωδικός αριθμός δείγμ. εδάφους Code number of soil samples	Βάθος εδάφους Soil depth (cm)	pH	Αργιλλος	Ιλύς	Άμμος	CaCO ₃ %	Οργανική ουσία	N %	P mg/100g εδάφους	Ανταλλάξιμα κατιόντα Exchangable cations meq/100g			
			Clay %	Silt %	Sand %		Organic matter %		P mg/100 g of soil	K	Na	Mg	Ca
A1	0-20	7,86	10	0	90	2,6	2,40	0,09	1,2	0,48	0,03	0,27	12,39
A1	20-40	7,84	20	30	50	3,7	3,64	0,17	1,8	0,29	0,02	0,32	12,45
A2	0-20	8,07	10	30	60	10,1	1,10	0,14	1,4	0,15	0,03	0,22	12,70
A2	20-40	8,25	10	20	70	15,0	2,10	0,05	1,2	0,08	0,02	0,15	8,71
A3	0-20	7,89	10	40	50	11,0	2,37	0,19	2,0	0,20	0,02	0,18	11,09
A3	20-40	7,96	10	40	50	11,3	2,24	0,14	1,4	0,17	0,05	0,18	10,92
A4	0-20	7,70	10	40	50	1,6	2,45	0,08	2,4	0,32	0,03	0,36	11,07
A4	20-40	7,80	10	40	50	0,2	2,45	0,11	2,4	0,24	0,06	0,40	10,50
A5	0-20	7,84	10	50	40	4,5	2,79	0,14	2,4	0,29	0,03	0,26	11,20
A5	20-40	7,84	10	40	50	5,0	3,23	0,08	2,6	0,20	0,04	0,25	11,45
A6	0-20	7,83	10	40	50	2,9	2,60	0,09	3,6	0,26	0,03	0,32	10,63
A6	20-40	7,88	10	30	60	8,9	2,19	0,12	2,6	0,16	0,03	0,22	9,23

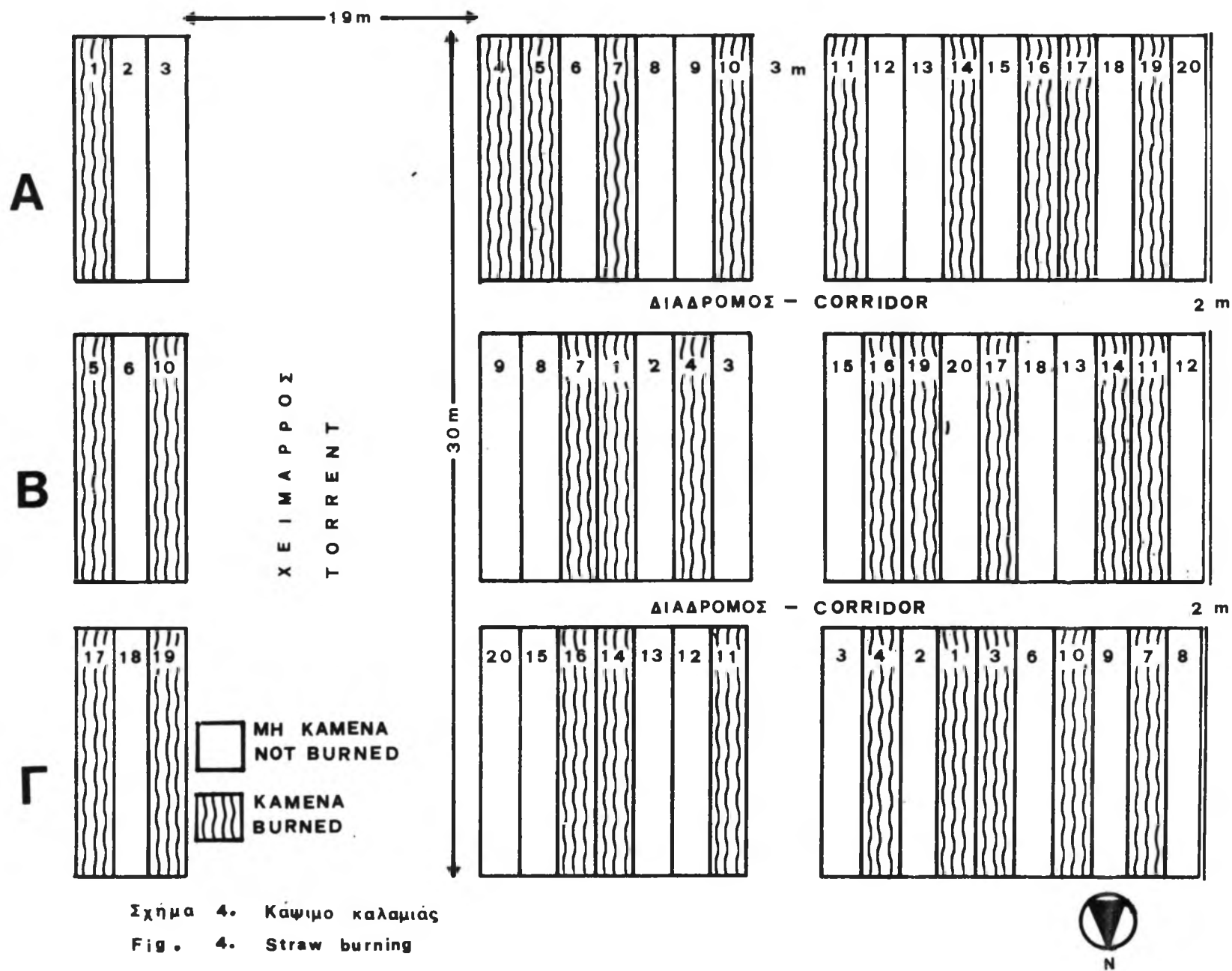
Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

Ο τρόπος χειρισμού των φυτικών υπολειμμάτων έγινε ως εξής: Σε κάθε τεμάχιο σκορπίσθηκαν 10 kg αχύρου κριθαριού. Χρησιμοποιήθηκε κριθάρι επειδή η προηγούμενη καλλιέργεια ήταν αυτού του είδους. Η καλαμιά κάηκε σε εκείνα τα τεμάχια που είχαν καθορισθεί από το σχέδιο (Σχ. 4). Τα υπόλοιπα τεμάχια έμειναν με το άχυρο ως τη στιγμή της επόμενης καλλιεργητικής εργασίας που ήταν το όργωμα. Ακολούθησε δισκοσβάρνισμα όλου του πειραματικού αγρού και η εφαρμογή του λιπάσματος. Κατόπιν έγινε η σπορά με σπαρτική μηχανή. Χρησιμοποιήθηκε σπόρος μαλακού σιταριού της ποικιλίας Αιγές Γ84909, σε ποσότητα 20 kg/στρ.

Μετά τη σπορά εγκαταστάθηκαν 60 δειγματολήπτες νερού επιφανειακής απορροής στο χαμηλότερο σημείο κάθε πειραματικού τεμαχίου. Κάθε δειγματολήπτης αποτελούνταν από ένα πλαστικό δοχείο 8 l και ένα οριζόντιο σωλήνα μήκους 50 cm και διαμέτρου 15,5 cm. Ο σωλήνας οδηγούσε το νερό της επιφανειακής απορροής και των φερτών υλικών από το χαμηλότερο σημείο του πειραματικού τεμαχίου στο στόμιο του δοχείου. Ο λάκκος που περιείχε το δοχείο δειγματοληψίας και μέρος του οριζοντίου σωλήνα, ήταν σκεπασμένος με ένα φύλλο από διαφανές πλαστικό, το οποίο, καθώς ήταν κατάλληλα στερεωμένο στο έδαφος, δεν επέτρεπε το νερό της βροχής να πέφτει κατευθείαν στο δοχείο.

Στον πειραματικό αγρό τοποθετήθηκαν επίσης και τρεις βροχοσυλλέκτες. Ο κάθε βροχοσυλλέκτης αποτελούνταν από σύστημα δύο χωνιών και ενός γυάλινου δοχείου. Μεταξύ των δύο χωνιών τοποθετήθηκε λεπτό πλαστικό πλέγμα για την αποφυγή της εισόδου εντόμων στον δειγματολήπτη.

Τα δείγματα βροχών και νερών επιφανειακής απορροής αναλύθηκαν για τις εξής παραμέτρους: pH, NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , P, K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ και Cl^- . Τα δε φερτά υλικά που συλλέχθηκαν στα δοχεία επιφανειακής απορροής αναλύθηκαν για τις



παραμέτρους pH, οργανικό N, εκχυλίσιμος P και εναλλακτικά κατιόντα (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+).

Μέσα στον Απρίλιο έγινε καταπολέμηση των πλατύφυλλων ζιζανίων με το φαινοξυαλκαναϊκό ζιζανιοκτόνο MCPA. Κατόπιν έγιναν δύο αρδεύσεις με καταιονισμό (30 mm νερού/κάθε φορά).

Στις 30 Ιουνίου έγινε η συγκομιδή. Από το κέντρο κάθε πειραματικού τεμαχίου συγκομίστηκε δείγμα 4 m^2 , στο οποίο προσδιορίστηκε η ολική υπέργεια φυτομάζα, η απόδοση σε καρπό και η απόδοση σε άχυρο. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή χρησιμοποιώντας το MSTAT πρόγραμμα.

3.3. Μέθοδοι ανάλυσης εδαφών και φερτών υλικών.

Πριν από την ανάλυση των δειγμάτων εδάφους που πάρθηκαν προτού εγκατασταθεί το πείραμα, καθώς και για την ανάλυση των φερτών υλικών που συλλέχθηκαν μετά την απόχυση του νερού επιφανειακής απορροής από κάθε δοχείο δειγματοληψίας και την αεροξήρανση του ιζήματος, έγινε η ακόλουθη προετοιμασία των δειγμάτων.

Καταρχήν απομακρύνθηκαν από τα δείγματα οι πέτρες και το φυτικό υλικό που τυχόν υπήρχε στο δείγμα. Κάθε δείγμα τρίφθηκε σε γουδί πορσελάνης για να σπάσουν τυχόν συσσωματώματα εδάφους και κοσκινίστηκε με κόσκινο 10 mesh. Μια μικρή ποσότητα του κοσκινισμένου αυτού υλικού, λειοτριβήθηκε όσο το δυνατόν πιο πολύ και πέρασε από ένα δεύτερο κόσκινο 70 mesh. Στο πολύ λεπτό αυτό υλικό έγιναν οι προσδιορισμοί των διαφόρων χημικών στοιχείων, ενώ ο προσδιορισμός της κοκκομετρικής σύστασης και η μέτρηση του pH έγιναν σε υλικό που πάρθηκε μετά το πρώτο κοσκίνισμα.

3.3.1. Προσδιορισμός του pH.

Έγινε σε αιώρημα εδάφους-νερού 1:1 με pH-μετρο WTW

521 το οποίο ρυθμιζόταν πριν από κάθε μέτρηση με δυο ρυθμιστικά διαλύματα pH 4,0 και 7,0.

3.3.2. Προσδιορισμός οργανικής ουσίας.

Έγινε με τη μέθοδο της υγρής οξειδώσεως του οργανικού άνθρακα με $K_2Cr_2O_7$ παρουσία H_2SO_4 . Ο δε οργανικός άνθρακας μετατράπηκε σε οργανική ουσία με πολλαπλασιασμό με τον συντελεστή 1,724.

3.3.3. Προσδιορισμός του ισοδύναμου $CaCO_3$.

Έγινε με μέτρηση του όγκου του εκλυομένου CO_2 κατά την επίδραση 4N HCl στο δείγμα (ασβεστόμετρο Bernard).

3.3.4. Προσδιορισμός κοκκομετρικής συστάσεως.

Έγινε με τη διεθνή μέθοδο του σιφωνίου, κατόπιν διαμερισμού του εδάφους χημικά ($NaPO_3$) και μηχανικά (αναδευτήρας Bouyoucos).

3.3.5. Προσδιορισμός ολικού αζώτου.

Έγινε με την κλασική μέθοδο Kjeldahl χρησιμοποιώντας ως καταλύτες $CuSO_4$ και Se (πέψη) και τη συσκευή αυτόματης απόσταξης Kjeltac 1030 Auto Analyzer, TECATOR.

3.3.6. Προσδιορισμός φωσφόρου.

Η εκχύλιση του P έγινε με διάλυμα 0,5 M $NaHCO_3$ pH 8,5 (μέθοδος Olsen). Ο προσδιορισμός του P έγινε χρωματομετρικά με μέτρηση της απορρόφησης στα 710 nm και με τη χρησιμοποίηση φασματοφωτόμετρου Perkin-Elmer Coleman 124.

3.3.7. Προσδιορισμός ανταλλάξιμων κατιόντων (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}).

Έγινε με ανταλλαγή τους με διάλυμα $1\text{N CH}_3\text{COONH}_4$, pH 7 και προσδιορισμό τους με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Perkin-Elmer 2380).

3.4. Μέθοδοι ανάλυσης των νερών.

Στα δείγματα των νερών απορροής που πάρθηκαν μετά από κάθε άρδευση καθώς και σε αυτά που προήλθαν μετά από βροχή έγιναν αναλύσεις για τον προσδιορισμό του pH, των νιτρικών, των νιτρικών και αμμωνιακών, του φωσφόρου, των χλωριούχων και των κατιόντων K^+ , Na^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} .

Πριν από οποιαδήποτε ανάλυση προηγήθηκε διήθηση με ηθμό Schleider και Schuell No 589¹ και σε ορισμένα δείγματα αποχρωματισμός με ενεργό άνθρακα.

3.4.1. Προσδιορισμός pH.

Χρησιμοποιήθηκε pH-μετρο FISHER MODEL 140A, το οποίο ρυθμιζόταν πριν από κάθε μέτρηση με δυο ρυθμιστικά διαλύματα pH 4,0 και 7,0.

3.4.2. Προσδιορισμός $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$

Η συνολική ποσότητα $\text{NH}_4\text{-N}$ και $\text{NO}_3\text{-N}$ προσδιορίσθηκε με απόσταξη στη συσκευή Kjeltac 1030 Auto Analyzer TECATOR με προσθήκη MgO και Devarda's alloy. Η ποσότητα του $\text{NH}_4\text{-N}$ με απόσταξη χωρίς προσθήκη Devarda's alloy, και η ποσότητα του $\text{NO}_3\text{-N}$ προσδιορίσθηκε από τη διαφορά.

3.4.3. Προσδιορισμός νιτρικών.

Χρησιμοποιήθηκε η χρωματομετρική μέθοδος του σουλφανιλαμιδίου με μέτρηση της απορρόφησης στα 540 nm σε φασματοφω-

τόμετρο Perkin-Elmer, Coleman 124.

3.4.4. Προσδιορισμός φωσφόρου

Έγινε χρωματομετρικά όπως στην 3.3.6.

3.4.5. Προσδιορισμός χλωριούχων.

Έγινε με ογκομέτρηση με διάλυμα 0,05 N AgNO₃.

3.4.6. Προσδιορισμός κατιόντων (Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺).

Έγινε με φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης (Perkin-Elmer 2380).

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Ποιότητα των νερών επιφανειακής απορροής.

Τα αποτελέσματα 10 ποιοτικών παραμέτρων των νερών αυτών δίδονται στους Πίνακες 2 έως 6. Ο κωδικός των δειγμάτων αντιστοιχεί στην αρίθμηση των επεμβάσεων που έχουν περιγραφεί στο υπόμνημα του Σχήματος 3. Οι τιμές που παρουσιάζονται στους πίνακες είναι από δείγματα που πάρθηκαν μετά από άρδευση ή βροχή. Η ολική μηνιαία βροχόπτωση στην περιοχή Μυγδονίας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.

Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- εντοπίσθηκαν στα νερά επιφανειακής απορροής της πρώτης δειγματοληψίας (Πίν. 2). Στην πρώτη δειγματοληψία οι τιμές κυμαίνονταν από 0,75 έως 8,84 mg/L με μέσο όρο όλων των επεμβάσεων 3,74 mg/L. Στη δεύτερη κυμαίνονταν από 0,53 έως 14,08 mg/L, όμως ο μέσος όρος των επεμβάσεων ήταν 3,44 mg/L. Στην τρίτη δειγματοληψία ο μέσος όρος όλων των επεμβάσεων ήταν 0,75 mg/L. Παρατηρείται δηλαδή πτώση στη συγκέντρωση των νιτρικών στα νερά επιφανειακής απορροής με την πάροδο του χρόνου. Όσον αφορά τις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόσθηκαν:

- α) Οι συγκεντρώσεις των NO_3 στα νερά επιφανειακής απορροής στις επεμβάσεις όπου έγινε όργωμα δεν διαφέρουν από εκείνες στις οποίες δεν έγινε όργωμα, με εξαίρεση την γ' δειγματοληψία, στην οποία παρατηρείται πτωτική τάση στη συγκέντρωση της επέμβασης στην οποία δεν οργώθηκε το έδαφος. Οι μέσοι όροι είναι:
- α' δειγματοληψία: όργωμα - 3,9 mg/L, μη όργωμα - 3,6 mg/L
β' δειγματοληψία: όργωμα - 3,4 mg/L, μη όργωμα - 3,5 mg/L
γ' δειγματοληψία: όργωμα - 1,0 mg/L, μη όργωμα - 0,5 mg/L
- β) Οι συγκεντρώσεις των NO_3 στα νερά επιφανειακής απορροής στις επεμβάσεις όπου κήκαν τα φυτικά υπολείμματα δεν διαφέρουν από εκείνες στις οποίες δεν κήκαν. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: κάψιμο - 3,4 mg/L, μη κάψιμο - 4,0 mg/L

β' δειγματοληψία: κάψιμο - 3,6 mg/L, μη κάψιμο - 3,3 mg/L

γ' δειγματοληψία: κάψιμο - 0,9 mg/L, μη κάψιμο - 0,6 mg/L

- γ) Όσο αυξανόταν η ποσότητα του αζωτούχου λιπάσματος που εφαρμόσθηκε, τόσο έτεινε να αυξάνεται και η συγκέντρωση των NO_3 στα νερά επιφανειακής απορροής, με εξαίρεση στην πρώτη δειγματοληψία το δεύτερο επίπεδο αζωτούχου λίπανσης με την εφαρμογή του τείνει να μειώσει τη συγκέντρωση των NO_3 σε σύγκριση με το πρώτο επίπεδο αζωτούχου λίπανσης (μάρτυρας). Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: N_0 - 3,2 mg/L, N_1 - 2,8 mg/L

N_2 - 5,4 mg/L, N_3 - 4,9 mg/L

β' δειγματοληψία: N_0 - 1,4 mg/L, N_1 - 1,7 mg/L

N_2 - 1,9 mg/L, N_3 - 2,9 mg/L

γ' δειγματοληψία: N_0 - 0,1 mg/L, N_1 - 0,3 mg/L

N_2 - 0,8 mg/L, N_3 - 1,3 mg/L

- δ) Ο τρόπος εφαρμογής του τέταρτου επιπέδου της αζωτούχου λίπανσης στην πρώτη δειγματοληψία συμβάλλει σε μείωση της συγκέντρωσης των NO_3 όταν εφαρμόζεται σε δύο δόσεις (βασικό+επιφανειακό) σε σύγκριση με την επέμβαση που εφαρμόζεται μόνο ως βασικό, οι αντίστοιχες τιμές είναι 2,4 και 4,9 mg/L, στη δεύτερη δειγματοληψία συμβάλλει σε αύξηση και αντίστοιχες τιμές είναι 9,4 και 2,9 mg/L και στην τρίτη δεν υπάρχει καμμία διαφορά, η τιμή είναι ίδια και για τις δύο επεμβάσεις 1,3 mg/L. Η πολύ αυξημένη τιμή που παρατηρείται στη δεύτερη δειγματοληψία όταν εφαρμόζεται το λίπασμα σε δύο δόσεις, οφείλεται πιθανώς στο γεγονός, ότι προηγήθηκε της δειγματοληψίας η επιφανειακή εφαρμογή του λιπάσματος.

Οι αναλύσεις των νιτρικών έδειξαν επίσης υψηλότερες συγκεντρώσεις στα νερά επιφανειακής απορροής της πρώτης δειγματοληψίας (Πίν. 2). Όσον αφορά την πορεία συγκέντρωσής τους στις τρεις δειγματοληψίες οι μέσοι όροι όλων των δειγμάτων δείχνουν την παρακάτω φθίνουσα σειρά δειγματοληψιών α' (276,2 μg/L) > β' (190,85 μg/L) > γ' (69,56 μg/L).

Όσον αφορά τις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόστηκαν:

α) Οι συγκεντρώσεις των NO_2 στα νερά επιφανειακής απορροής στις επεμβάσεις όπου δεν οργώθηκε το έδαφος παρουσιάζουν μια πτωτική τάση σε σύγκριση με αυτές που οργώθηκε το έδαφος. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: όργωμα-315 $\mu\text{g/L}$, μη όργωμα-237 $\mu\text{g/L}$

β' δειγματοληψία: όργωμα-268 $\mu\text{g/L}$, μη όργωμα-114 $\mu\text{g/L}$

γ' δειγματοληψία: όργωμα- 73 $\mu\text{g/L}$, μη όργωμα- 67 $\mu\text{g/L}$

β) Παρόμοια τάση μείωσης της συγκέντρωσης των NO_2 παρατηρείται στις επεμβάσεις όπου τα φυτικά υπολείμματα δεν κάηκαν. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: κάψιμο-281 $\mu\text{g/L}$, μη κάψιμο-271 $\mu\text{g/L}$

β' δειγματοληψία: κάψιμο-210 $\mu\text{g/L}$, μη κάψιμο-172 $\mu\text{g/L}$

γ' δειγματοληψία: κάψιμο- 72 $\mu\text{g/L}$, μη κάψιμο- 67 $\mu\text{g/L}$

γ) Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης παρουσιάζεται κατωτέρω με τους μέσους όρους των επεμβάσεων:

α' δειγματοληψία: N_0 - 248 $\mu\text{g/L}$, N_1 - 283 $\mu\text{g/L}$,

N_2 - 425 $\mu\text{g/L}$, N_3 - 137 $\mu\text{g/L}$

β' δειγματοληψία: N_0 - 94 $\mu\text{g/L}$, N_1 - 71 $\mu\text{g/L}$,

N_2 - 52 $\mu\text{g/L}$, N_3 - 531 $\mu\text{g/L}$

γ' δειγματοληψία: N_0 - 57 $\mu\text{g/L}$, N_1 - 31 $\mu\text{g/L}$,

N_2 - 73 $\mu\text{g/L}$, N_3 - 82 $\mu\text{g/L}$

δ) Ο τρόπος εφαρμογής του τέταρτου επιπέδου της αζωτούχου λίπανσης στην πρώτη δειγματοληψία συμβάλλει σε αύξηση της συγκέντρωσης των NO_2 όταν εφαρμόζεται σε δύο δόσεις (βασικό+επιφανειακό) σε σύγκριση με την επέμβαση που εφαρμόζεται μόνο ως βασικό, οι αντίστοιχες τιμές είναι 286 και 137 $\mu\text{g/L}$. Στη δεύτερη δειγματοληψία συμβάλλει σε μείωση και αντίστοιχες τιμές είναι 206 και 531 $\mu\text{g/L}$ και στην τρίτη σε αύξηση με τιμές 106 και 82 $\mu\text{g/L}$.

Η σύγκριση των τιμών των συγκεντρώσεων αμμωνιακού αζώτου στα νερά επιφανειακής απορροής (Πίν. 2) παρουσιάζει

Πίνακας 2. Συγκέντρωση NO_3 (mg/L), NO_2 ($\mu\text{g/L}$) και $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L) των νερών επιφανειακής απορροής. Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

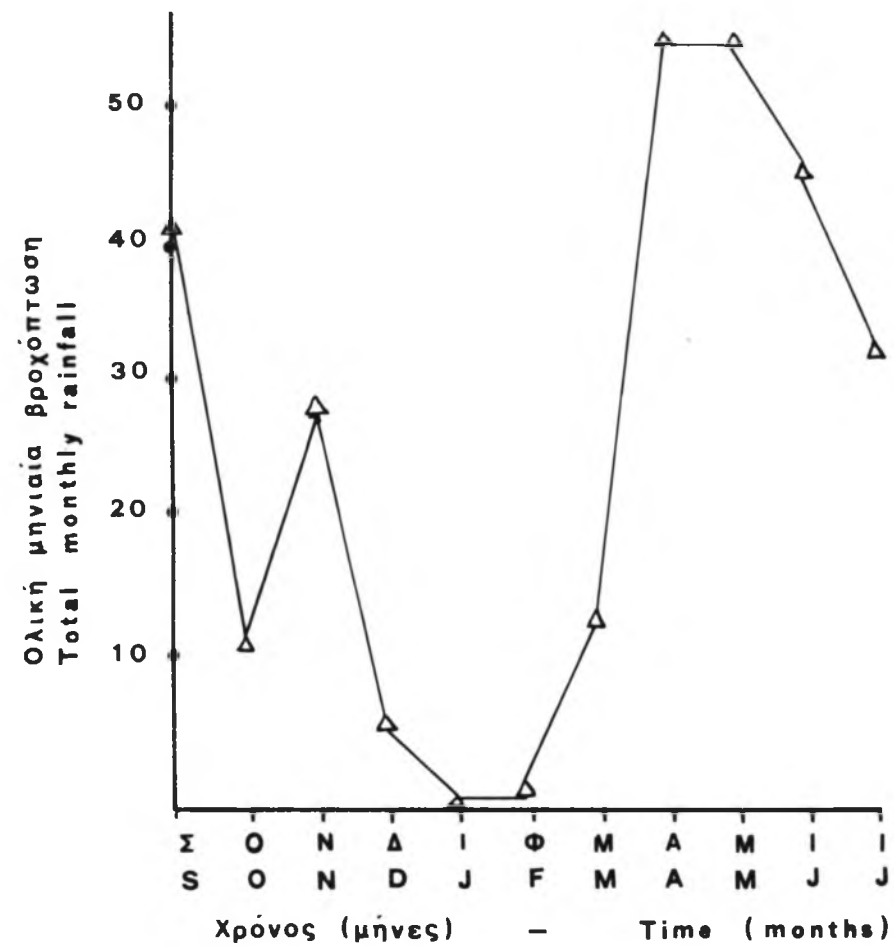
Table 2. Concentration of NO_3 (mg/L), NO_2 ($\mu\text{g/L}$), and $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/L) of the surface runoff water. The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates								
	29 - 3 - 92			10 - 5 - 92			30 - 6 - 92		
	NO_3	NO_2	$\text{NH}_4\text{-N}$	NO_3	NO_2	$\text{NH}_4\text{-N}$	NO_3	NO_2	$\text{NH}_4\text{-N}$
1	5,79	230	3,75	4,07	1193	2,35	1,64	222	11,40
2	7,45	29	3,98	1,74	670	2,42	1,21	18	4,86
3	2,44	213	2,93	4,30	224	6,40	1,23	122	6,11
4	3,96	597	4,71	14,08	130	10,50	2,19	111	6,42
5	3,73	357	3,83	0,53	115	2,80	0,30	20	7,53
6	3,53	240	2,85	2,04	30	1,88	0,15	13	4,98
7	4,58	357	3,06	2,71	57	1,84	1,64	97	5,13
8	5,58	480	3,71	1,10	39	2,09	0,30	27	4,92
9	1,31	477	3,79	1,32	175	2,09	0,82	45	7,65
10	0,75	170	3,19	2,20	47	1,92	0,06	50	8,36
11	2,66	277	3,23	1,79	86	2,36	1,10	34	6,34
12	8,84	584	3,19	2,11	26	1,84	0,30	133	7,75
13	2,25	134	3,68	2,19	104	2,48	0,05	167	10,90
14	3,33	261	2,81	0,62	127	1,88	0,07	27	5,44
15	3,00	165	3,66	1,70	32	1,91	0,37	6	4,92
16	6,32	330	3,35	1,36	31	2,05	0,12	24	5,83
17	0,82	153	2,63	7,20	261	5,17	0,85	104	8,47
18	2,25	180	3,53	12,15	209	9,58	1,00	85	9,30
19	2,48	80	3,27	1,68	52	1,66	0,55	34	5,37
20	3,81	210	3,98	4,00	209	1,72	1,00	52	9,51

* Οι κωδικοί αριθμοί δείγματος είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.



Σχήμα 5. Ολική μηνιαία βροχόπτωση στην περιοχή Μυγδονίας κατά τη διάρκεια των πειραμάτων

Fig. 5. Total monthly rainfall in Migdonia region during the experiments

διαφορετική εικόνα από αυτή των νιτρικών και νιτρωδών. Οι μέσοι όροι όλων των επεμβάσεων κατά την πρώτη και δεύτερη δειγματοληψία ήταν περίπου ίδιοι, 3,46 και 3,25 mg/L αντίστοιχα, αλλά μικρότεροι από εκείνον της τρίτης δειγματοληψίας, όπου η μέση τιμή ήταν 7,06 mg/L. Αυτό ίσως οφείλεται στις βροχές που παρατηρήθηκαν κατά το τέλος της ανοίξεως και αρχές του θέρους, σε αντίθεση με τον χειμώνα και τις αρχές της ανοίξεως που ήταν περίοδοι ανομβρίας για το έτος 1992. Όσον αφορά τις καλλιεργητικές τεχνικές που εφαρμόστηκαν:

α) Οι συγκεντρώσεις των $\text{NH}_4\text{-N}$ στα νερά επιφανειακής απορροής στις επεμβάσεις όπου έγινε όργωμα δεν διαφέρουν από εκείνες στις οποίες δεν έγινε όργωμα, με εξαίρεση τη γ' δειγματοληψία στην οποία παρατηρείται αύξηση στην επέμβαση όπου δεν οργώθηκε το έδαφος. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: όργωμα-3,6 mg/L, μη όργωμα-3,3 mg/L

β' δειγματοληψία: όργωμα-3,4 mg/L, μη όργωμα-3,1 mg/L

γ' δειγματοληψία: όργωμα-6,7 mg/L, μη όργωμα-7,1 mg/L

β) Το κάψιμο ή το μη κάψιμο των φυτικών υπολειμμάτων φαίνεται να μην επηρεάζει τη συγκέντρωση των $\text{NH}_4\text{-N}$ στα νερά επιφανειακής απορροής. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: κάψιμο-3,5 mg/L, μη κάψιμο-3,5 mg/L

β' δειγματοληψία: κάψιμο-3,3 mg/L, μη κάψιμο-3,2 mg/L

γ' δειγματοληψία: κάψιμο-7,0 mg/L, μη κάψιμο-7,1 mg/L

γ) Η επίδραση των διαφορετικών επιπέδων της αζωτούχου λίπανσης παρουσιάζεται κατωτέρω με τους μέσους όρους των επεμβάσεων:

α' δειγματοληψία: N_0 - 3,3 mg/L, N_1 - 3,5 mg/L,

N_2 - 3,3 mg/L, N_3 - 3,7 mg/L

β' δειγματοληψία: N_0 - 2,3 mg/L, N_1 - 2,0 mg/L,

N_2 - 2,0 mg/L, N_3 - 2,0 mg/L

γ' δειγματοληψία: N_0 - 7,2 mg/L, N_1 - 6,7 mg/L,

N_2 - 6,0 mg/L, N_3 - 7,7 mg/L

δ) Ο τρόπος εφαρμογής του τέταρτου επιπέδου της αζωτούχου λίπανσης δεν επηρεάζει τη συγκέντρωση των $\text{NH}_4\text{-N}$ στην α' και γ' δειγματοληψία. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: N_3 (βασικό) - 3,7 mg/L,

N_3 (βασικό+επιφανειακό) - 3,5 mg/L

γ' δειγματοληψία: N_3 (βασικό) - 7,7 mg/L,

N_3 (βασικό+επιφανειακό) - 7,5 mg/L

Στη δεύτερη όμως δειγματοληψία, παρατηρείται ανάλογη συμπεριφορά με τα NO_3 , δηλαδή αύξηση της συγκέντρωσης $\text{NH}_4\text{-N}$ όταν το λίπασμα εφαρμόζεται σε δύο δόσεις. Οι τιμές είναι: NO_3 (βασικό) - 2,0 mg/L, NO_3 (βασικό + επιφανειακό) - 7,9 mg/L. Η επιφανειακή εφαρμογή του λιπάσματος λίγο πριν τη δειγματοληψία, πιθανώς είχε ως συνέπεια αυτή την αύξηση.

Οι τιμές των συγκεντρώσεων φωσφόρου στα νερά επιφανειακής απορροής (Πίν. 3) παρουσιάζουν την ίδια εικόνα όπως και στην περίπτωση του αμμωνιακού αζώτου. Παρόμοια αποτελέσματα βρήκαν ο Βερεσόγλου και οι συνεργάτες του (1992), μελετώντας την ποιότητα των ρεουσών υδατοσυλλογών της περιοχής Μυγδονίας. Η φθίνουσα σειρά των τιμών των συγκεντρώσεων φωσφόρου στις τρεις δειγματοληψίες ήταν γ' (0,64 mg/L) > α' (0,47 mg/L) > β' (0,27 mg/L). Η επίδραση του οργώματος ή μη στη συγκέντρωση του φωσφόρου παρουσιάζεται κατωτέρω με τους μέσους όρους των επεμβάσεων:

α' δειγματοληψία: όργωμα - 0,33 mg/L, μη όργωμα - 0,62 mg/L

β' δειγματοληψία: όργωμα - 0,22 mg/L, μη όργωμα - 0,10 mg/L

γ' δειγματοληψία: όργωμα - 0,64 mg/L, μη όργωμα - 0,64 mg/L

Όσον αφορά στον χειρισμό των φυτικών υπολειμμάτων, το μη κάψιμο στην α' δειγματοληψία συμβάλλει σε αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου, ενώ στις άλλες δύο δειγματοληψίες οι τιμές τόσο για το κάψιμο όσο και για το μη κάψιμο είναι περίπου ίδιες. Οι μέσοι όροι είναι:

α' δειγματοληψία: κάψιμο - 0,43 mg/L, μη κάψιμο - 0,52 mg/L

β' δειγματοληψία: κάψιμο - 0,25 mg/L, μη κάψιμο - 0,29 mg/L

γ' δειγματοληψία: κάψιμο - 0,67 mg/L, μη κάψιμο - 0,61 mg/L

Πίνακας 3. Συγκέντρωση φωσφόρου (mg/L) των νερών επιφανειακής απορροής. Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 3. Concentration of phosphorus (mg/L) of the surface runoff water. The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.* Code number of the sample *	Ημερομηνίες δειγματοληψίας-Sampling dates		
	29 - 3 - 92	10 - 5 - 92	30 - 6 - 92
1	0,40	0,15	0,65
2	0,48	0,10	0,44
3	0,32	0,24	0,60
4	0,36	0,27	0,74
5	0,25	0,22	0,37
6	0,26	0,22	0,79
7	0,31	0,20	0,51
8	0,31	0,30	0,51
9	0,42	0,28	0,83
10	0,14	0,23	0,96
11	0,63	0,40	0,65
12	0,50	0,55	0,44
13	0,73	0,34	0,57
14	0,46	0,17	0,74
15	0,54	0,33	0,92
16	0,50	0,35	0,79
17	0,51	0,21	0,51
18	0,96	0,27	0,51
19	0,74	0,34	0,83
20	0,63	0,30	0,50

* Οι κωδικοί αριθμοί δείγματος είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

Οι τιμές των συγκεντρώσεων χλωρίου στα νερά επιφανειακής απορροής (Πίν. 4) παρουσιάζουν πτωτική τάση από την πρώτη προς την τρίτη δειγματοληψία. Οι τιμές είναι 67,55 mg/L (α' δειγματοληψία), 48 mg/L (β' δειγματοληψία) και 13,9 mg/L (γ' δειγματοληψία).

Οι τιμές των συγκεντρώσεων των K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} και Na^+ στα νερά επιφανειακής απορροής παρουσιάζουν την ακόλουθη εικόνα:

- α) Η συγκέντρωση του K^+ (Πίν. 5) παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της (μέση τιμή) στην πρώτη δειγματοληψία και την ελάχιστη στην τρίτη. Οι τιμές είναι αντίστοιχα 49,1 και 30,4 mg/L.
- β) Η συγκέντρωση του Mg^{2+} (Πίν. 5) παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της (μέση τιμή) στη δεύτερη δειγματοληψία και την ελάχιστη στην τρίτη. Οι τιμές είναι αντίστοιχα 20,99 και 3,6 mg/L.
- γ) Οι συγκεντρώσεις του Ca^{2+} και του Na^+ (Πίν. 5) παρουσιάζουν πτωτική τάση από την πρώτη προς την τρίτη δειγματοληψία. Οι τιμές για το ασβέστιο είναι 122,85 mg/L (α' δειγματοληψία), 94,7 mg/L (β' δειγματοληψία) και 16,35 mg/L (γ' δειγματοληψία). Οι τιμές για το νάτριο είναι 82,45 mg/L (α' δειγματοληψία), 63,45 mg/L (β' δειγματοληψία) και 2,12 mg/L (γ' δειγματοληψία).

Το pH των νερών επιφανειακής απορροής (Πίν. 6) κυμαινόταν από 6,3 έως 8,1, παρουσίαζε δε πτωτική τάση από την πρώτη προς την τέταρτη δειγματοληψία. Αυτό ίσως θα μπορούσε να ερμηνευθεί από το γεγονός ότι και το άθροισμα των τεσσάρων κατιόντων K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} και Na^+ (βάση) παρουσιάζει όμοια πτωτική τάση. Οι τιμές του pH ήταν: 7,74 (α' δειγματοληψία), 6,83 (β' δειγματοληψία) και 6,58 (γ' δειγματοληψία). Οι τιμές του αθροίσματος των τεσσάρων κατιόντων ήταν: 263,98 mg/L (α' δειγματοληψία), 181,84 mg/L (β' δειγματοληψία) και 50,86 mg/L (γ' δειγματοληψία).

Πίνακας 4. Συγκέντρωση Cl^- (mg/L) των νερών επιφανειακής απορροής. Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 4. Concentration of Cl^- (mg/L) of surface runoff water. The values are means of three replicates.

Κωδ. αρ. δείγμ.* Code number of the samples*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates		
	29 - 3 - 92	10 - 5 - 92	30 - 6 - 92
1	50	54	13
2	62	54	11
3	69	54	21
4	69	55	15
5	78	56	13
6	88	53	7
7	56	53	11
8	87	55	6
9	65	-	14
10	84	-	13
11	87	-	17
12	85	-	27
13	48	-	14
14	88	-	11
15	52	-	13
16	65	-	12
17	35	-	17
18	49	-	17
19	48	-	12
20	86	-	14

* Οι κωδικοί αριθμοί δείγματος είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Πίνακας 5. Συγκέντρωση K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} και Na^+ (mg/L) των νερών επιφανειακής απορροής.

Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 5. Concentration of K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , and Na^+ (mg/L) of the surface runoff water.
The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.* Code number of the samples*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates											
	29 - 3 - 92				10 - 5 - 92				30 - 6 - 92			
	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Na^+
1	28	10,2	138	110	-	18,5	111	84	31	2,5	16	3
2	66	9,3	143	84	-	14,5	89	35	-	-	-	-
3	36	9,4	131	86	-	15,2	70	86	32	3,7	18	2
4	35	8,8	128	79	-	18,7	89	60	36	5,1	21	2
5	40	9,3	119	84	-	26,8	128	86	22	3,3	14	1
6	40	7,8	120	84	-	12,8	68	60	20	3,1	13	1
7	32	9,4	124	87	-	20,5	100	83	27	3,6	21	1
8	27	6,4	136	87	-	21,0	97	59	-	-	-	-
9	40	7,4	130	45	-	21,7	103	83	27	4,0	13	2
10	36	9,6	109	85	-	18,5	83	39	34	3,8	15	2
11	52	9,2	124	86	-	50,3	96	82	38	4,2	16	2
12	71	11,1	145	82	-	16,7	132	60	41	5,6	22	5
13	92	9,6	107	88	-	17,2	84	84	22	3,3	13	3
14	48	10,2	104	88	-	21,2	102	58	18	3,4	15	2
15	65	9,7	111	81	-	19,0	92	83	-	-	-	-
16	54	9,5	110	86	-	20,5	96	32	28	3,0	13	1
17	46	10,7	110	85	-	17,2	84	61	31	2,5	16	3
18	68	13,0	122	81	-	17,8	96	38	26	3,1	18	2
19	50	10,7	122	49	-	20,3	103	60	27	3,4	18	1
20	56	10,3	124	92	-	31,5	125	36	29	4,1	16	3

* Οι κωδικοί αριθμοί είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

Πίνακας 6. Το pH των νερών επιφανειακής απορροής. Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 6. pH values of surface runoff water. The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.* Code number of the samples*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates		
	29 - 3 - 92	10 - 5 - 92	30 - 6 - 92
1	7,4	7,4	6,8
2	7,7	7,5	6,5
3	7,7	7,5	6,5
4	7,4	7,6	6,5
5	7,7	7,5	6,6
6	7,4	7,4	6,5
7	7,6	7,6	6,6
8	8,0	7,6	6,6
9	7,4	7,7	6,4
10	8,1	7,3	6,5
11	8,0	7,5	6,6
12	8,1	7,7	6,9
13	7,5	7,9	6,6
14	7,8	7,7	6,8
15	7,6	7,5	6,3
16	8,0	7,7	6,4
17	7,7	7,8	6,7
18	8,0	7,7	6,6
19	7,6	7,7	6,6
20	8,0	7,6	6,7

* Οι κωδικοί αριθμοί των δειγμάτων είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

4.2. Ποιότητα φερτών υλικών

Τα αποτελέσματα επτά ποιοτικών παραμέτρων των υλικών αυτών δίδονται στους Πίνακες 7 και 8. Ο κωδικός των δειγμάτων είναι όμοιος με αυτόν της περίπτωσης των νερών επιφανειακής απορροής. Οι τιμές που παρουσιάζονται στους πίνακες είναι από δείγματα που πάρθηκαν μετά από άρδευση ή βροχή.

Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη μεταφορά φερτών υλικών (Πίν.7) από τα νερά επιφανειακής απορροής κατά την πρώτη δειγματοληψία με τάση να μειώνεται η ποσότητα στις επόμενες δύο δειγματοληψίες. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί, στο ό,τι η πρώτη δειγματοληψία έγινε μετά τις κατεργασίες του εδάφους του αγρού (π.χ. όργωμα, δισκοσβάρνισμα), οπότε το επιφανειακό έδαφος ήταν πιο χαλαρό και μπορούσε να παρασυρθεί ευκολότερα από τα νερά επιφανειακής απορροής. Η εξήγηση αυτή ενισχύεται από το γεγονός ότι κατά την πρώτη δειγματοληψία, ο μέσος όρος των φερτών υλικών που μεταφέρθηκαν από τα τεμάχια που οργώθηκαν (1-10) ήταν 30,6 kg/στρ, ενώ ο μέσος όρος των φερτών υλικών που μεταφέρθηκαν από τα τεμάχια που δεν οργώθηκαν (11-20) 11,3 kg/στρ. Οι τιμές της δεύτερης δειγματοληψίας είναι 6,7 και 3,7 kg/στρ για τα τεμάχια που οργώθηκαν και για τα τεμάχια που δεν οργώθηκαν, αντίστοιχα. Όσον αφορά το κάψιμο, κατά την πρώτη δειγματοληψία ο μέσος όρος των φερτών υλικών που μεταφέρθηκαν μέσω των νερών επιφανειακής απορροής από τα πειραματικά τεμάχια στα οποία κάηκε το άχυρο (1, 4, 5, 7, 10, 11, 14, 16, 17, 19) ήταν 19,98 kg/ στρ, ενώ από αυτά στα οποία δεν κάηκε το άχυρο ήταν 21,89 kg/στρ. Κατά τη δεύτερη δειγματοληψία οι τιμές ήταν 5,36 και 5,29 kg/στρ για τα τεμάχια στα οποία κάηκε το άχυρο και για εκείνα στα οποία δεν κάηκε το άχυρο, αντίστοιχα. Η απουσία σημαντικής διαφοράς στη μεταφορά φερτών υλικών από τα καμένα τεμάχια σε σύγκριση με τα μη καμένα, θα πρέπει να οφείλεται στο ότι η βλάστηση και το άχυρο στα τεμάχια, που ήταν να καούν, δεν κάηκε εντελώς. Αυτό συνέβη γιατί την ημέρα που έγινε το κάψιμο

της καλαμιάς επικρατούσε άπνοια, ήταν μεγάλη η σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας και υπήρχαν πολλά πράσινα φυτά σε όλο τον αγρό.

Το pH των φερτών υλικών (Πίν. 7) κυμάνθηκε από 6,6 έως 7,6. Ο εκχυλίσιμος P (Πίν. 7) κυμάνθηκε από 0,5 έως 7,1 mg/100 g εδάφους και το οργανικό N (Πίν.7) από 0,11 έως 0,62 %.

Τα ανταλλάξιμα κατιόντα στα φερτά υλικά (Πίν. 8) κυμάνθηκαν ως ακολούθως:

- α) Το K^+ από 0,30 έως 1,71 meq/100 g εδ.
- β) Το Na^+ από 0,22 έως 1,02 meq/100 g εδ.
- γ) Το Mg^{2+} από 0,37 έως 1,94 meq/100 g εδ.
- δ) Το Ca^{2+} από 8,5 έως 19,0 meq/100 g εδ.

4.3. Επίδραση των καλλιεργητικών τεχνικών στις αποδόσεις σιταριού.

Οι αποδόσεις του σιταριού δεν επηρεάσθηκαν από τις καλλιεργητικές τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος (Πίν. 9). Στην περίπτωση που έγινε όργωμα οι αποδόσεις ολικής φυτομάζας, καρπού και αχύρου ήταν υψηλότερες από την περίπτωση όπου δεν οργώθηκε το χωράφι, αλλά οι διαφορές ήταν στατιστικώς μη σημαντικές. Η ελαφρώς υψηλότερη τιμή των αποδόσεων στην επέμβαση κατά την οποία έγινε όργωμα, μπορεί να οφείλεται στη δημιουργία ευνοϊκότερου εδαφικού περιβάλλοντος (αερισμός, υγρασία, έλλειψη κρούστας) για το φύτρωμα των σπόρων και την αύξηση των φυτών.

Η προσθήκη αζώτου αύξησε τις αποδόσεις ολικής φυτομάζας, καρπού και αχύρου, οι διαφορές όμως από τον μάρτυρα ήταν στατιστικώς σημαντικές μόνο στις περιπτώσεις της ολικής φυτομάζας και αχύρου (Πίν. 10). Όταν προσθέτονταν οι υψηλές ποσότητες N (10 και 15 kg N/στρ), οι τιμές των αποδόσεων και των τριών παραμέτρων στις περισσότερες περιπτώσεις ήταν ελαφρώς χαμηλότερες από αυτές που αντιστοιχούσαν στην ποσότητα των 5 kg N/στρ. Εξαίρεση αποτελούσε η εφαρμογή των

Πίνακας 7. Φερτά υλικά (kg/στρ.), pH, εκχυλίσιμος P (mg/100g εδ.) και οργανικό N (%). Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 7. Transported soil sediments (kg/1000 m²), pH, extractable P (mg/100 g of soil), and organic N (%). The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates											
	29 - 3 - 92				10 - 5 - 92				30 - 6 - 92			
	Φερτά υλικά Transp. soil sed.	pH	Εκχ. P Extract. P	Οργ. N Org. N	Φερτά υλικά Transp. soil sed.	pH	Εκχ. P Extract. P	Οργ. N Org. N	Φερτά υλικά Transp. soil sed.	pH	Εκχ. P Extract. P	Οργ. N Org. N
1	27,0	7,3	3,8	0,21	4,2	7,4	2,8	0,38	-	-	-	-
2	31,5	7,2	2,1	0,27	16,0	-	1,9	0,50	0,7	-	3,0	0,19
3	27,0	7,3	3,5	0,43	-	-	-	-	2,7	-	1,6	0,20
4	17,7	7,3	5,1	0,37	-	-	-	-	0,5	-	2,2	0,56
5	54,6	6,6	2,6	0,11	3,5	7,3	1,1	0,62	4,5	-	0,8	0,34
6	57,2	7,2	3,6	0,51	3,4	-	7,3	0,33	2,5	-	3,8	0,22
7	26,8	7,4	4,5	0,34	11,1	7,4	4,4	0,37	-	-	-	-
8	2,6	7,5	6,5	0,35	7,1	7,5	3,1	0,44	0,4	7,6	5,0	0,48
9	44,7	7,5	1,4	0,17	8,3	7,4	3,4	0,50	-	-	-	-
10	17,1	7,5	0,5	0,46	2,2	7,2	3,5	0,61	2,3	-	3,5	0,34
11	19,6	7,5	3,1	0,40	4,0	7,3	3,4	0,44	-	-	-	-
12	8,2	7,5	3,4	0,34	1,6	7,4	2,6	0,57	-	-	-	-
13	0,5	-	3,0	0,55	4,6	7,4	3,2	0,44	-	-	-	-
14	6,5	7,4	1,1	0,20	7,7	7,5	4,2	0,27	-	-	-	-
15	0,4	-	4,0	0,60	0,8	-	3,4	0,62	-	-	-	-
16	6,7	7,5	3,8	0,57	4,9	7,5	3,3	0,37	-	-	-	-
17	10,5	7,3	4,2	0,32	-	-	-	-	-	-	-	-
18	37,9	7,2	1,4	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
19	13,3	7,5	7,1	0,25	5,3	7,4	3,2	0,30	-	-	-	-
20	8,9	7,5	5,1	0,49	0,5	-	6,1	0,59	-	-	-	-

* Οι κωδικοί αριθμοί είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

Πίνακας 8. Ανταλλάξιμα κατιόντα στα φερτά υλικά (meq/100g εδ.).
Οι τιμές είναι μέσοι όροι τριών επαναλήψεων.

Table 8. Exchangable cations of the transported soil sediment (meq/100g of soil). The values are means of three replicates.

Κωδ.αρ. δείγμ.* Code number of the samples*	Ημερομηνίες δειγματοληψίας - Sampling dates							
	29 - 3 - 92				10 - 5 - 92			
	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1	0,31	0,22	0,37	13,9	0,86	0,56	1,11	12,4
2	0,37	0,30	0,61	14,3	1,04	0,46	1,30	11,7
3	0,32	0,37	0,47	10,7	-	-	-	-
4	0,39	0,46	0,68	13,6	0,47	0,54	1,43	11,8
5	0,49	0,38	0,95	16,5	0,86	0,78	1,43	15,9
6	0,42	0,54	1,02	14,9	0,78	0,81	1,77	15,7
7	0,33	0,46	0,68	14,0	0,46	0,63	1,35	16,2
8	0,50	0,87	1,24	18,1	0,39	0,45	1,00	10,7
9	0,30	0,36	0,37	11,8	0,70	0,61	1,33	14,9
10	0,42	0,47	0,75	11,3	0,69	0,55	0,99	11,4
11	0,51	0,46	0,66	13,4	0,67	0,57	1,09	11,6
12	0,36	0,44	0,46	10,9	1,11	0,61	1,07	11,4
13	0,95	0,91	1,94	19,0	0,71	0,61	1,33	13,1
14	0,48	0,60	1,05	11,7	0,89	0,62	1,36	12,3
15	1,09	1,02	1,53	17,5	1,17	0,61	1,15	10,7
16	0,74	0,69	1,25	15,0	0,78	0,56	1,20	8,5
17	0,84	0,74	1,77	17,3	-	-	-	-
18	0,53	0,33	0,56	11,5	-	-	-	8,7
19	0,72	0,82	1,15	14,5	1,10	0,72	1,36	13,9
20	0,52	0,61	0,92	15,4	1,71	0,76	1,25	13,1

* Οι κωδικοί αριθμοί είναι σύμφωνα με το υπόμνημα του Σχήματος 3.

* The code numbers of the samples are according to the legend of Figure 3.

Note: Decimals in Greek are depicted with comma.

Πίνακας 9 . Επίδραση των τεχνικών κατεργασίας στις αποδόσεις (kg/στρ.) ολικής υπέργειας φυτομάζας, καρπού και αχύρου σιταριού.

Table 9 . Effect of plowing on total above ground plant biomass, grain, and straw of wheat (kg/1000 m²)

Επεμβάσεις Treatments	Ολική υπέργεια φυτομάζα Total above ground plant biomass	Καρπός Grain	Άχυρο Straw
Μη όργωμα No plowing	1388	644	744
Όργωμα Plowing	1579	767	812

Μη στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των 2 επεμβάσεων.

The means within treatments are not significantly different.

Πίνακας 10. Επίδραση της αζωτούχου λίπανσης στις αποδόσεις (kg/στρ.), ολικής υπέρ-
γειας φυτομάζας, καρπού και αχύρου σιταριού.

Table 10. Effect of the nitrogen application on total above ground plant biomass,
grain and straw of wheat (kg/1000 m²).

Επεμβάσεις Treatments	Ολική υπέργεια φυτομάζα Total above ground plant biomass	Καρπός Grain	Άχυρο Straw
0 kgN/στρ. 0 kgN/1000 m ²	917	531	385
5 kgN/στρ. 5 kgN/1000 m ²	1617*	786	831*
10 kgN/στρ. 10 kgN/1000 m ²	1590*	739	850*
15 kgN/στρ. 15 kgN/1000 m ²	1452*	693	758*
15 kgN/στρ. 15 KgN/1000 m ²	1843*	778	1065*
Βασικό+Επιφανειακό Split application			

* Στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τον μάρτυρα σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05

* Significantly different at the 0.05 level from the control.

15 kg N/στρ σε δύο δόσεις, ως βασικό και επιφανειακό. Πιθανόν αυτό να οφείλεται στο ό,τι η αζωτούχος λίπανση, για να αυξήσει τις αποδόσεις σιταριού, απαιτούσε επάρκεια εδαφικής υγρασίας, η οποία πρέπει να εξασφαλίζεται με βροχόπτωση ή άρδευση (Κουνδουράς 1984). Η καλλιεργητική περίοδος 1991 - 1992, κατά την οποία έγινε το πείραμα, ήταν άνομβρη με συνέπεια να μην αξιοποιηθούν οι υψηλές ποσότητες αζωτούχου λίπανσης. Η αύξηση των αποδόσεων όσον αφορά στην περίπτωση της ποσότητας 15 kg N/στρ., που εφαρμόστηκε ως βασικό και επιφανειακό, οφείλεται στο ό,τι η εφαρμογή του επιφανειακού λιπάσματος έγινε την άνοιξη, τότε που έγιναν και οι αρδεύσεις.

Όσον αφορά στον χειρισμό του αχύρου, παρατηρήθηκε ότι το κάψιμό του αύξησε τις αποδόσεις του σιταριού, αλλά οι διαφορές από το μη κάψιμο ήταν στατιστικώς σημαντικές μόνο για την απόδοση του καρπού (Πίν. 11). Ο Lynch κ.α. (1981) βρήκε ότι οι αποδόσεις του αχύρου και του καρπού χειμερινών σιτηρών ήταν υψηλότερες όταν το άχυρο της προηγούμενης καλλιέργειας καιγόταν. Παρόμοια αποτελέσματα έχουν αναφερθεί από τον Cochran κ.α. (1982) για σιτάρι και τον Sanford (1982) για σόγια. Ο Raison (1979) αναφέρει ότι η φωτιά αλλάζει μερικές από τις διεργασίες στο σύστημα έδαφος-φυτό με τέτοιο τρόπο ώστε να ευνοείται η αύξηση του φυτού. Η φωτιά συμβάλλει κυρίως στη μετατροπή ορισμένων θρεπτικών στοιχείων σε μορφή διαθέσιμη για τα φυτά (Raison και McGarity 1979). Κατ' αυτό τον τρόπο ίσως ερμηνεύεται η αύξηση των αποδόσεων που παρατηρήθηκε σ' αυτή την εργασία.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το όργωμα συνέτεινε στη μεγαλύτερη μεταφορά φερτών υλικών από τα νερά επιφανειακής απορροής ενώ δεν επηρέασε τις αποδόσεις του σιταριού. Το κάψιμο της καλαμιάς δεν επηρέασε τη μεταφορά φερτών υλικών αλλά αύξησε τις αποδόσεις του σιταριού. Στα συμπεράσματα αυτά οδήγησε η παρούσα έρευνα η οποία διήρκησε μόνο ένα έτος. Για να γενικευθούν τα συμπεράσματα αυτά είναι απαραίτητο να συνεχισθεί η έρευνα για δύο ακόμη έτη τουλάχιστον στην ίδια καθώς και σε άλλες περιοχές της Ελλάδος.

Πίνακας 11. Επίδραση του χειρισμού του αχύρου στις αποδόσεις (kg/στρ.), ολικής υπέργειας φυτομάζας, καρπού και αχύρου σιταριού.

Table 11. Effect of straw management on total above ground plant biomass, grain, and straw of wheat (kg/1000 m²).

Επεμβάσεις Treatments	Ολική υπέργεια φυτομάζα Total above ground plant biomass	Καρπός Grain	Άχυρο Straw
Μη κάψιμο Not burned	1411	669	742
Κάψιμο Burned	1557	742*	814

* Στατιστικώς σημαντικές διαφορές από τον μάρτυρα σε επίπεδο σημαντικότητας 0,05

* Significantly different at the 0.05 level from the control.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Μ. 1979. Βιολογική δραστηριότητα μετά από φωτιά σε φρυγανικό οικοσύστημα. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ. 136 σελ.
- Arianoutsou, M. and N.S. Margaritis. 1981. Fire-induced nutrient losses in a phryganic (East Mediterranean ecosystem). Int. J. Biometeorol. 25:341-347.
- Bellot, J. and F.B. Golley. 1989. Nutrient input and output of an irrigated agroecosystem in an arid Mediterranean landscape. Agric., Ecosyst., and Environ. 25:175-186.
- Βερεσόγλου Δ., Π.Α. Γεράκης, Η. Ελευθεροχωρινός, Κυριακή Καλμπουριτζή, Ν. Μπαρμπαγιάννης και Σ. Τσιούρης. 1992. Τεχνικές προστασίας υγροτόπων από γεωργικές δραστηριότητες. Τελική Έκθεση. Εργαστήριο Οικολογίας και Προστασίας Περιβάλλοντος. Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη. 104 σελ.
- Biederbeck, V.O., C.A. Campbell, K.E. Bowren, M. Schmitzer, and R.N. McIver. 1980. Effect of burning cereal straw on soil properties and grain yields in Saskatchewan. Soil Sci. Soc. Amer. J. 44:103-111.
- Bleviens R.L., W.W. Frye, P.L. Baldwin, and S.D. Robertson. 1990. Tillage effects on sediment and soluble nutrient losses from a maury silt soil. J. Environ. Qual. 19: 683-686.
- Bormann F.H., G.E. Likens, O.W. Fisher, and R.S. Pierce. 1968. Nutrient loss accelerated by clear-cutting of a forest ecosystem. Science 159:882-884.
- Byron E.R. and C.R. Goldman. 1989. Land use and water quality in tributary streams of Lake Tahoe, California-Nevada. J. Environ. Qual. 18:84-88.

- Canter L.W. 1986. Acid rain and dry deposition. Lewis Publ. Inc. pp. 370.
- Caporali F., P. Nannipieri, and F. Padrazzini. Nitrogen contents of streams draining an agricultural and a forested watershed in Central Italy. J. Environ. Qual. 10:72-76.
- Cohran V.L., L.F. Elliot, and R.I. Papendick. 1982. Effect of crop residue management and tillage on water use efficiency and yield of winter wheat. Agron. J. 74: 929-932.
- Dawley, W.K., R.D. Dryden, E.V. McCurdy, E.S. Molberg, K. E. Bowren, and D.A. Dew. 1964. The effect of cultural and fertiliser treatments on yields of wheat on second crop land. Can. J. Soil Sci. 44:212-216.
- Dormaar, J.F., U.J. Pittman, and E.D. Spratt. 1979. Burning crop residues: Effect on selected soil characteristics and long-term wheat yields. Can. J. Soil Sci. 59: 79-86.
- Dunigan, E.P., R.A. Phalan, and C.L. Mondart. 1976. Surface runoff losses of fertilizer elements. J. Environ. Qual. 5:339-342.
- Edwards L.M. and J.R. Burney. 1991. Sediment concentration of interrill runoff under varying soil, ground cover, soil compaction and freezing regimes. J. Environ. Qual. 20:403-407.
- Eichner J. 1990. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: Summary of available data. J. Environ. Qual. 19:272-280.
- Emmerich W.E. 1990. Precipitation nutrient inputs in semiarid environment. J. Environ. Qual. 19:621-624.
- Gliemeroth, G. and W. Niklas. 1976. Strohdüngung und strohverbrennen in einer winterweizen-monokultur bei

unterschiedlicher bodenbearbeitung und
zwischenfruchteischaltung in ihren wirkungen auf
ertrag, Krankheitsbefall und verunkrautung. Z. Acker.
und Pflanzbau, 143:51-65.

Green B.H. 1989. Agricultural impacts on the rural
environment. J. Appl. Ecol. 26:793-802.

Gross C.M., J.S. Angle, and M.S. Welterlen. 1980. Nutrient
and sediment losses from turfgrass. J. Environ. Qual.
19: 663-668.

Hirose T. and N. Kuramoto. 1981. Stream water quality as
influenced by land use patterns in the Kakioka basin
Japan. J. Environ. Qual. 10:184-188.

Izuno, F.T., C.A. Sanchez, F.J. Coale, A.B. Bottcher, and
D.B. Jones. 1991. Phosphorus concentrations in
drainage water in the Everglades agricultural area.
J. Environ. Qual. 20:608-619.

Johnson H.A., D.R. Boudin, E.A. Coyette, and A.M. Hedges.
1976. Phosphorus loss by stream transport from a
rural watershed: qualities, processes and sources.
J. Environ. Qual. 5:148-157.

Kalburtsi, K.L., D.S. Veresoglou and P.A. Gerakis. 1990.
Effects of burnt or unburnt straw on wheat and
fababeans as influenced by N fertilization. Agric.
Ecosyst. and Environ. 31:173-185.

Kladivko E.J., G.E. Van Scoyoc, E.J. Monke, K.M. Dates,
and W. Pask. 1991. Pesticide and nutrient movement
into subsurface tile drains on a silt loam soil in
Indiana. J. Environ. Qual. 20:264-270.

Korentajer, L., P.C. Henry, and B.E. Eisenberg. 1991. A
simple effect of phosphogypsum application on
phosphorus transport to runoff water and eroded soil
sediments. J. Environ. Qual. 20:596-603.

- Κουνδουράς 1984. Η επίδραση της επιφανειακής υγρασίας και αζωτούχου λιπάνσεως στην απόδοση, στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και στην αξιοποίηση του αζώτου από το μαλακό σιτάρι (Triticum aestivum L. Em Tell). Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ.
- Lynch, J.M., F.B. Ellis, S.H.T. Harper, and D.G.Christian. 1981. The effect of straw on the establishment and growth of winter cereals. Agric. Environ. 5:321-328.
- Mallik, A.U., C.H. Gimingham and A.A. Rahman. 1984. Ecological effects on heather burning. I. Water infiltration, moisture retention and porosity of surface soil. J. Ecol. 72:767-776.
- Marsh, M.H. and P.H. Groenevelt. 1992. Effect of surface application of polyvinyl alcohol on phosphorus losses in runoff and on corn growth. J. Environ. Qual. 21: 36-40.
- McDowell L.L., G.H. Willis and C.E. Murphree. 1989. Nitrogen and phosphorus yields in run-off from silty soils in the Mississippi delta, USA. Agric., Ecosyst. and Environ. 25:119-137.
- McIsaac, F.G., M.M.C. Hirschi, and J.K. Mitchell . 1991. Nitrogen and phosphorus in eroded sediment from corn and soybean tillage systems. J. Environ. Qual. 20: 663-670.
- Menzel R.G., E.D. Rhoades, A.E. Olness, and S.J. Smith. 1978. Variability of annual nutrient and sediment discharges in runoff from Oklahoma cropland and rangeland. J. Environ. Qual. 7:401-406.
- NG Kee Knong K.F. and J. Deville. 1984. Nitrogen leaching from soils cropped with sugarcane under the humid tropical climate of Mauritius, Indian Ocean. J. Environ. Qual. 13:471-474.

- Nicholaichuk W. and D.W.L. Read. 1978. Nutrient runoff from fertilized and unfertilized fields in western Canada. J. Environ. Qual. 7:542-544.
- Owens L.B., W.M. Edwards and R.W. Van Keuren. 1984. Peak nitrate-nitrogen values in surface from fertilized pastures. J. Environ. Qual. 13:310-312.
- Owens L.B. 1990. Nitrate-nitrogen concentrations in percolate from lysimeters planted to a legume-grass mixture. J. Environ. Qual. 19:131-135.
- Peverly J.H. 1982. Stream transport of nutrients through a wetland. J. Environ. Qual. 11:38-43.
- Raison R.J. 1979. Modification of the soil environment by vegetation fires, with particular reference to nitrogen transformations. Plant and Soil 51:73-108.
- Raison R.J. and J.W. McGarity. 1979. Changes in carbon and nitrogen fractions of graminaceous straws after burning. Plant and Soil 51:311-318.
- Raison R.J. and J.W. McGarity. 1980a. Some effects of plant ash on the chemical properties of soils and aqueous suspensions. Plant and Soil 55:339-352.
- Raison R.J. and J.W. McGarity. 1980b. Effects of ash, heat, and the ash-heat interaction on biological activities in two contrasting soils. I. Respiration rate. Plant and Soil 55:363-376.
- Römkens M.J.M., D.W. Nelson, and J.V. Mannering. 1973. Nitrogen and phosphorus composition of surface runoff as affected by tillage method. J. Environ. Qual. 2: 292-295.
- Sanford J.O. 1982. Straw and tillage management practices in soybean-wheat double-cropping. Agron. J. 74:1032-1035.

- Sharpley A.N. and S.J. Smith. 1989a. Mineralization and leaching of phosphorus from soil incubated with surface-applied and incorporated crop residue. J. Environ. Qual. 18:101-105.
- Sharpley A.N. and S.J. Smith. 1989b. Prediction on soluble phosphorus transport in agricultural runoff. J. Environ. Qual. 18:313-316.
- Sharpley A.N., S.J. Smith, O.R. Jones, W.A. Berg, and G. A. Coleman. 1992. The transport of bioavailable phosphorus in agricultural runoff. J. Environ. Qual. 21:30-35.
- Singer J.M. and R.H. Rust. 1975. Phosphorus in surface runoff from a deciduous forest. J. Environ. Qual. 4:307-311.
- Thomas G.W. and J.D. Crutchfield. 1974. Nitrogen and phosphorus contents of streams draining small agricultural watersheds in Kentucky. J. Environ. Qual. 3:46-49.
- Thomas G.W., G.R. Haszler, and J.D. Crutchfield. 1992. Nitrate-nitrogen and phosphate-phosphorus in seven Kentucky streams draining small agricultural watersheds. Eighteen years later. J. Environ. Qual. 21:147-150.
- Vighi M., S. Soprani, P. Puzzarini, and G. Menghi. 1991. Phosphorus loads from selected watersheds in the drainage area of the northern Adriatic Sea. J. Environ. Qual. 20:439-444.
- Weil R.R., R.A. Weismiller, and R.S. Turner. 1990. Nitrate contamination of groundwater under irrigated coastal plain soils. J. Environ. Qual. 19:441-448.
- Wendt R.C. and R.B. Corey. 1980. Phosphorus variations in surface runoff from agricultural lands as a function of land use. J. Environ. Qual. 9:130-136.

ΓΕΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι συγκεκριμένοι αλλά και περιορισμένοι σκοποί της εργασίας αυτής έχουν επιτευχθεί. Φυσικά ουδείς αναμένει ότι μιας χρονιάς πειραματικά δεδομένα σε τέτοιο αντικείμενο έστω και συνδυαζόμενα με τα δεδομένα παρόμοιων πειραμάτων των δύο προηγούμενων ετών, που έγιναν από μέλη της ίδιας ομάδας εργασίας, μπορούν να είναι αμέσως χρήσιμα για τον παραγωγό. Η σημαντικότερη ίσως προσφορά της εργασίας αυτής δεν είναι τα δεδομένα αυτά καθαυτά αλλά το γεγονός ότι μια ομάδα ερευνητών και ακαδημαϊκών δασκάλων συνεπικουρούμενη από προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές προσπάθησε να εκφράσει ενεργώς, στο χωράφι, την αγωνία της για την ανάγκη συνετότερης χρήσης των λεκανών απορροής που γειτονεύουν με σημαντικούς υδροτόπους. Οι συζητήσεις και οι διακηρύξεις για την προστασία των υδροτόπων (και αγροτικών) οικοσυστημάτων από γεωργικές δραστηριότητες, με βάση δεδομένα άλλων χωρών και επιστημονικές εικασίες είναι οπωσδήποτε πολύ χρήσιμες αλλά δεν μπορούν να υποκαταστήσουν την έρευνα αγρού. Μόνο μέσα από πολυετή πειράματα αγρού και μάλιστα σε πολλές τοποθεσίες είναι δυνατόν να φθάσει κανείς σε συμπεράσματα πρακτικώς χρήσιμα. Τέτοια πειράματα, παρότι δαπανηρά, κοπιώδη και χρονοβόρα, στερούνται της "αίγλης" που από πολλούς θεωρούνται ότι έχουν οι εργαστηριακές βασικές έρευνες και οι μαθηματικές προσομοιώσεις. Η ομάδα εργασίας εκφράζει την ικανοποίηση της προς το Κέντρο Ελληνικών Υδροτόπων διότι, παρόλο που δεν είναι κατεξοχήν ερευνητικό ίδρυμα, αναγνωρίζει έμπρακτα, και μέσα στα πλαίσια των πολύ περιορισμένων μέσων του, την ανάγκη εφαρμοσμένης γεωργικής έρευνας ως μέσου προστασίας του ελληνικού υδροτοπικού πλούτου από αλόγιστες γεωργικές δραστηριότητες. Πιστεύουμε ότι η εντατικοποίηση και η επέκταση περαιτέρω ερευνών προς την κατεύθυνση αυτή είναι έργο όχι τόσο του Κέντρου και της πανεπιστημιακής κοινότητας αλλά του Εθνικού

Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ). Εκφράζουμε την ευχή το ΕΘΙΑΓΕ να δώσει περισσότερα υλικά μέσα στους ειδικούς ερευνητές του και την ηθική ενθάρρυνση να συνεχίσουν την προσπάθεια του Κέντρου και τη δική μας. Οι υποβαθμίσεις των υγροτόπων μας και πολλών αγρών μας από ασύνετες χρήσεις πρέπει κάποτε να σταματήσουν. Οι σχετικές Κοινοτικές Οδηγίες και η Κοινή Αγροτική Πολιτική εκφράζουν όχι μόνο ευχή αλλά και επιταγή. Το Ελληνικό Κέντρο Υγροτόπων, που χρηματοδοτείται κυρίως από την Κοινότητα αλλά και από το ΥΠΕΧΩΔΕ και το Παγκόσμιο Ταμείο για τη Φύση, δρα ως καταλύτης στηρίζοντας την έναρξη τέτοιων εργασιών αλλά η ολοκλήρωση και επέκτασή τους πρέπει να γίνεται από τα οικεία Ινστιτούτα Γεωργικής Έρευνας ή σε συνεργασία μαζί τους.